Uma biografia da revolução digital

OS INOVADORES

Walter Isaacson

WALTER ISAACSON

Os inovadores

Uma biografia da revolução digital

Tradução
Berilo Vargas
Luciano Vieira Machado
Pedro Maia Soares

Sumário

1843

Ada, condessa de Lovelace, publica "Notes" [Notas], sobre a Máquina Analítica de Babbage.

1847

George Boole cria um sistema que usa álgebra para raciocínio lógico.

1890

O censo é tabulado com as máquinas de cartões perfurados de Herman Hollerith.

1931

Vannevar Bush inventa o Analisador Diferencial, um computador analógico eletromecânico.

1935

Tommy Flowers é o pioneiro no uso de válvulas termiônicas como interruptores de circuitos.

1937

Alan Turing publica "On Computable Numbers" [Sobre números computáveis], descrevendo um computador universal.

Claude Shannon descreve como circuitos de interruptores podem resolver exercícios de álgebra booliana.

George Stibitz, dos Laboratórios Bell, propõe uma calculadora usando um circuito elétrico.

Howard Aiken propõe a construção de um grande computador digital e descobre partes da Máquina Diferencial de Babbage em Harvard.

Durante uma longa corrida de carro numa noite de dezembro, John Vincent Atanasoff reúne conceitos para criar um computador eletrônico.

1938

William Hewlett e David Packard criam uma empresa numa garagem em Palo Alto.

1939

Atanasoff completa o modelo de um computador eletrônico com tambores mecânicos para armazenamento de memória.

Turing chega a Bletchley Park para trabalhar no deciframento de códigos alemães.

1941

Konrad Zuse completa o Z3, um computador digital programável eletromecânico totalmente funcional.

John Mauchly visita Atanasoff em Iowa e vê uma demonstração do computador.

1800

1942

Atanasoff completa um computador parcialmente funcional com trezentas válvulas termiônicas e parte para servir na Marinha.

1943

O Colossus, computador a válvula feito para decifrar códigos alemães, fica pronto em Bletchley Park.

1944

O Harvard Mark I entra em operação.

John von Neumann entra na Penn para trabalhar no ENIAC.

1945

Em "First Draft of a Report on the EDVAC" [Primeiro esboço de um relatório sobre o EDVAC], Von Neumann descreve um computador com armazenamento de programas.

Seis programadoras do ENIAC são enviadas a Aberdeen para treinamento.

Vannevar Bush publica "As We May Think" [Como podemos pensar], texto em que descreve um computador pessoal.

Bush publica "Science, the Endless Frontier" [Ciência, a fronteira sem fim], propondo financiamento governamental de pesquisa acadêmica e industrial.

O ENIAC está em pleno funcionamento.

1947

O transístor é inventado nos Laboratórios Bell.

1950

Turing publica artigo que descreve um teste para inteligência artificial.

1952

Grace Hopper desenvolve o primeiro compilador.

Von Neumann completa um computador moderno no Instituto de Estudos Avançados, em Princeton.

O UNIVAC prevê a vitória de Eisenhower na eleição.

1952

1954 Turing se suicida.

A Texas Instruments apresenta o transístor de silício e ajuda a lançar o rádio Regency.

1956

Fundação da Shockley Semiconductor.

Primeira conferência sobre inteligência artificial.

1957

Robert Noyce, Gordon Moore e outros fundam a Fairchild Semiconductor.

A Rússia lança o *Sputnik*.

1958 Anunciada a Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (Advanced Research Projects Agency — Arpa)

Jack Kilby demonstra o circuito integrado, ou microchip.

1959 Noyce e colegas da Fairchild inventam o microchip de maneira independente.

1960

J. C. R. Licklider publica "Man--Computer Symbiosis" [Simbiose homem--computador].

Paul Baran, da RAND, inventa a comutação de pacotes.

1961 O presidente Kennedy propõe mandar um homem à Lua.

1962

Hackers do MIT criam o jogo *Spacewar*.

Licklider se torna diretor fundador do Escritório de Técnicas de Processamento de Informação da Arpa.

Doug Engelbart publica "Augmenting Human Intellect" [Aumentando o intelecto humano].

1963 Licklider propõe uma "Rede de Computadores Intergaláctica".

Engelbart e Bill English inventam o mouse.

1954

1964

Ken Kesey e os Merry Pranksters fazem uma viagem de ônibus pelos Estados Unidos.

1965

Ted Nelson publica o primeiro artigo sobre "hipertexto".

A Lei de Moore prevê que os microchips vão dobrar de potência aproximadamente a cada ano.

1966

Stewart Brand é o anfitrião do Trips Festival, junto com Ken Kesey.

Bob Taylor convence o chefe da Arpa, Charles Herzfeld, a fundar a Arpanet.

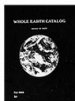
Donald Davis cunha o termo "comutação de pacotes".

1967

Discussões sobre o projeto da Arpanet em Ann Arbor e em Gatlinburg.

1968

Larry Roberts pede propostas para construir o IMP da Arpanet.

Noyce e Moore criam a Intel e contratam Andy Grove.

Brand publica o primeiro *Whole Earth Catalog*.

Com a ajuda de Brand, Engelbart faz a Mãe de Todas as Demonstrações.

1969

Instalação dos primeiros nodos da Arpanet.

1971

Don Hoefler estreia a coluna "Silicon Valley USA" no *Electronic News*.

Festa de falecimento do *Whole Earth Catalog*.

Revelado o microprocessador Intel 4004.

Ray Tomlinson inventa o e-mail.

1972

Nolan Bushnell cria o *Pong* na Atari com Al Alcorn.

1972

1973

Alan Kay, junto com Chuck Thacker e Butler Lampson, cria o Alto no Xerox PARC.

Bob Metcalfe desenvolve a Ethernet no Xerox PARC.

Instalação do terminal compartilhado do projeto Community Memory na Leopold's Records, em Berkeley.

Vint Cerf e Bob Kahn completam os protocolos TCP/IP para a internet.

1974

Lançamento do Intel 8080.

1975

Surge o computador pessoal Altair, da MITS.

Bill Gates e Paul Allen escrevem o BASIC para o Altair e criam a Microsoft.

Primeiro encontro do Homebrew Computer Club.

Steve Jobs e Steve Wozniak lançam o Apple I.

1977

Lançamento do Apple II.

1978

Primeiro Bulletin Board System para internet.

1979

Criação dos primeiros grupos de notícias na Usenet.

Jobs visita o Xerox PARC.

1980

A IBM encomenda à Microsoft o desenvolvimento de um sistema operacional para PC.

1981

O modem Hayes é comercializado para usuários domésticos.

1983

A Microsoft anuncia o Windows.

Richard Stallman começa a desenvolver o GNU, um sistema operacional livre.

1973

1984

A Apple lança o Macintosh.

1985

Stewart Brand e Larry Brilliant lançam The WELL.

A CVC lança o Q-Link, que se torna a AOL.

1991

Linus Torvald lança a primeira versão do kernel do Linux.

Tim Berners-Lee anuncia a World Wide Web.

1993

Marc Andreessen anuncia o navegador Mosaic.

A AOL, de Steve Case, oferece acesso direto à internet.

1994

Justin Hall lança um web log e diretório.

A Hotwired e a Pathfinder, da Time Inc., se tornam as primeiras editoras importantes de revistas sobre a web.

1995

A Wiki Wiki Web, de Ward Cunningham, está on-line.

1972

O Deep Blue, da IBM, vence Garry Kasparov no xadrez.

1998

Larry Page e Sergey Brin lançam o Google.

1999

Ev Williams lança o Blogger.

2001

Jimmy Wales e Larry Sanger lançam a Wikipedia.

2011

O computador Watson, da IBM, vence o *Jeopardy!*

2011

Introdução
Como surgiu este livro

O computador e a internet estão entre as invenções mais importantes de nosso tempo, mas pouca gente sabe quem foram seus criadores. Elas não foram boladas num sótão ou numa garagem por inventores solitários que possam figurar em capas de revistas ou em um panteão ao lado de Edison, Bell e Morse. Em vez disso, a maior parte das inovações da era digital foi criada de maneira colaborativa. Havia muitas pessoas fascinantes envolvidas, algumas bastante engenhosas e até mesmo alguns gênios. Esta é a história desses pioneiros, hackers, inventores e empreendedores — quem foram eles, como suas mentes funcionavam e o que os tornava tão criativos. Também é a narrativa de como eles colaboraram e de por que sua habilidade de trabalhar em equipe os tornou ainda *mais* criativos.

A história do trabalho em equipe é importante porque não costumamos dar importância a essa capacidade central para a inovação. Existe uma profusão de livros dedicados a celebrar pessoas que nós, biógrafos, retratamos, ou transformamos em mitos, como inventores solitários. Eu mesmo escrevi alguns. Procure a frase "o homem que inventou" na Amazon e você encontrará 1860 resultados de livros. Mas temos bem menos histórias sobre a criatividade coletiva, que na verdade é mais

importante para entender como a atual revolução tecnológica se desenvolveu. Essas histórias também podem ser mais interessantes.

Falamos tanto de inovação hoje que essa palavra se tornou moda e foi esvaziada de um significado claro. Por isso, neste livro tento demonstrar como a inovação de fato ocorre no mundo real. Como os inovadores mais criativos de nosso tempo transformam ideias desconcertantes em realidades? Concentrei-me em cerca de doze das mais importantes descobertas da era digital e nas pessoas que fizeram essas descobertas. Quais ingredientes produziram esses saltos criativos? Quais capacidades e quais características se mostraram mais úteis? Como eles pensavam, como lideraram e como colaboraram? Por que alguns deles obtiveram êxito e outros fracassaram?

Também exploro as forças sociais e culturais que propiciaram a atmosfera para a inovação. No caso do nascimento da era digital, isso incluiu um ecossistema de pesquisa que foi alimentado por gastos governamentais e gerido por uma colaboração militar-industrial-acadêmica. Somou-se a isso uma vaga aliança de organizadores comunitários, hippies de pensamento comunalista, pessoas que tinham como hobby fazer as coisas por conta própria e hackers autodidatas, a maior parte dos quais olhava com suspeita a ideia de uma autoridade centralizada.

Podem ser escritas narrativas com ênfase em qualquer um desses fatores. Um exemplo é a invenção do Harvard/IBM Mark I, o primeiro grande computador eletromecânico. Uma de suas programadoras, Grace Hopper, escreveu uma história focada em seu principal criador, Howard Aiken. A IBM respondeu com uma história que apresentava suas equipes de engenheiros anônimos que contribuíram com as inovações adicionais, de contadores a alimentadores de cartões, que faziam parte da máquina. Do mesmo modo, existe há tempos uma disputa sobre se devemos dar ênfase a grandes indivíduos ou a correntes culturais; em meados do século XIX, Thomas Carlyle declarou que "a história do mundo não é mais do que a biografia dos grandes homens", enquanto Herbert Spencer propôs uma teoria que enfatizava o papel das forças sociais. Acadêmicos e participantes muitas vezes veem esse equilíbrio de maneira diferente. "Enquanto professor, minha tendência era pensar na história como dominada por forças impessoais", disse Henry Kissinger a repórteres durante uma de suas viagens regulares ao Oriente Médio nos anos 1970. "Mas quando você vê as coisas na prática, percebe a diferença que as personalidades fazem."[1] Quando o assunto é a inovação na era digital, entram em cena várias forças pessoais, culturais e históricas — assim como acontece nos acordos de paz no Oriente Médio —, e neste livro tento unir todas elas.

A internet foi construída originalmente para facilitar a colaboração. Por outro lado, os computadores pessoais, em especial os destinados ao uso doméstico, foram pensados como ferramentas para a criatividade individual. Por mais de uma década, desde o início dos anos 1970, o desenvolvimento das redes e o dos computadores

domésticos avançaram por caminhos separados. Eles enfim começaram a andar juntos no final dos anos 1980 com a chegada dos modems, dos serviços on-line e da web. Assim como a combinação de motores a vapor e de processos mecânicos ajudou a fomentar a Revolução Industrial, a combinação do computador com as redes de distribuição levou à revolução digital que permitiu a qualquer um criar, disseminar e acessar qualquer informação a partir de qualquer lugar.

Historiadores da ciência às vezes são avessos a chamar de *revoluções* períodos de grandes mudanças. "Nunca houve uma Revolução Científica, e este livro é sobre isso" é a estranha frase de abertura do livro do professor de Harvard Steven Shapin sobre aquela época.[2] Um método que Shapin usou para escapar de sua contradição meio brincalhona foi perceber como os principais protagonistas do período "expressavam com vigor a ideia" de que eles eram parte de uma revolução. "Nossa noção de transformação radical em andamento em grande parte vem deles."

Do mesmo modo, a maior parte de nós hoje compartilha uma sensação de que os avanços digitais dos últimos cinquenta anos estão transformando, talvez até revolucionando, o modo como vivemos. Posso me lembrar da empolgação que cada nova descoberta trazia. Meu pai e meus tios eram engenheiros elétricos, e, como muitos dos personagens deste livro, cresci com uma oficina no porão que tinha placas de circuito a serem soldadas, rádios a serem abertos, válvulas a serem testadas, e caixas de transístores e de resistores a serem selecionados e usados. Sendo um geek da eletrônica que adorava Heathkits e radioamadorismo (WA5JTP), lembro-me quando as válvulas foram substituídas por transístores. Na faculdade, aprendi a programar usando cartões perfurados e me recordo de quando a agonia de processar em lote foi substituída pelo êxtase da interação estilo mão na massa. Nos anos 1980 eu me arrepiava com a estática e com os ruídos que os modems faziam ao abrir para você o estranhamente mágico reino dos serviços on-line e dos *bulletin boards*, e no início dos anos 1990 ajudei a gerenciar uma divisão da *Time* e da Time Warner que lançou novos serviços para a web e para internet de banda larga. Como Wordsworth disse sobre os entusiastas que estiveram presentes no início da Revolução Francesa, "era um êxtase estar vivo naquela aurora".

Comecei a trabalhar neste livro há mais de uma década. Ele surgiu do meu fascínio pelos avanços da era digital que eu havia testemunhado e também da minha biografia de Benjamin Franklin, que foi um inventor, inovador, empreendedor, editor, pioneiro do serviço postal e um versátil criador de redes de informação. Eu queria deixar de fazer biografias, que tendem a enfatizar o papel de indivíduos singulares, e fazer mais uma vez um livro como *The Wise Men*, que havia escrito com um colega sobre a equipe criativa de seis amigos que moldaram as políticas de Guerra Fria dos Estados Unidos. Meu plano inicial era me concentrar nas equipes que inventaram a internet. Quando entrevistei Bill Gates, porém, ele me convenceu de que o surgimento simultâneo da internet e do computador pessoal conduzia a uma história mais rica. Deixei este livro de lado no início de 2009, quando comecei a

trabalhar na biografia de Steve Jobs. Mas a história dele reforçou meu interesse em como o desenvolvimento da internet e o dos computadores se entrelaçavam, de modo que, assim que terminei aquele livro, voltei a trabalhar nesta narrativa dos inovadores da era digital.

Em parte pelo fato de os protocolos da internet terem sido inventados por colaboração entre pares, o sistema tinha embutido em seu código genético uma propensão a facilitar esse tipo de colaboração. O poder de criar e de transmitir informações era plenamente distribuído para cada um dos nós, e qualquer tentativa de impor controles ou uma hierarquia podia ser contornada. Sem cair na falácia teleológica de atribuir intenções ou uma personalidade à tecnologia, é correto afirmar que um sistema de redes abertas conectadas a computadores controlados individualmente tendia, assim como foi o caso da imprensa, a eliminar a possibilidade de que algum tipo de controle sobre a distribuição de informação fosse feito por intermediários, autoridades centrais e instituições que contratassem escriturários e tabeliães. Tornou-se mais fácil para pessoas comuns criar e compartilhar conteúdo.

A colaboração que criou a era digital não ocorreu apenas entre contemporâneos, mas também entre gerações. Ideias foram repassadas de um grupo de inovadores para o próximo. Outro tema que surgiu de minha pesquisa foi o fato de que com frequência usuários se apropriavam de inovações digitais para criar ferramentas de comunicação e de redes sociais. Também me interessei em saber como a busca por inteligência artificial — máquinas que pensam por conta própria — se mostrava repetidas vezes menos frutífera do que a criação de modos de forjar uma parceria ou uma simbiose entre pessoas e máquinas. Em outras palavras, a criatividade colaborativa que marcou a era digital incluía a colaboração entre humanos e máquinas.

Por fim, fiquei impressionado com o modo pelo qual a mais verdadeira criatividade da era digital veio daqueles que foram capazes de ligar as artes e as ciências. Eles acreditavam que a beleza importava. "Sempre me vi como uma pessoa da área de humanas quando era garoto, mas gostava de eletrônica", Jobs me contou quando embarquei em sua biografia. "Então li algo dizendo que um de meus heróis, Edwin Land, da Polaroid, falou sobre a importância de pessoas que eram capazes de permanecer na interseção das humanidades com as ciências, e decidi que era isso que eu queria fazer." As pessoas que ficavam confortáveis nessa interseção das humanidades com a tecnologia ajudaram a criar a simbiose homem-máquina que é o centro dessa história.

Assim como muitos aspectos da era digital, essa ideia de que a inovação fica no lugar em que a arte e a ciência se conectam não é nova. Leonardo da Vinci é o modelo, e o desenho que ele fez do Homem Vitruviano se tornou o símbolo da criatividade que floresce quando as humanidades e a ciência interagem. Quando Einstein ficava frustrado enquanto trabalhava na relatividade geral, ele pagava seu

violino e tocava Mozart até conseguir se reconectar com aquilo que ele chamava de harmonia das esferas.

Quando o assunto é computadores, existe outra figura histórica, não tão conhecida, que incorporou a combinação das artes e das ciências. Assim como seu pai famoso, ela compreendeu o romance da poesia. Ao contrário dele, ela também via romance na matemática e nas máquinas. E é aí que nossa história começa.

Lord Byron (1788-1824), pai de Ada, em traje albanês, pintado por Thomas Phillips em 1835.

Ada, condessa de Lovelace (1815-52), pintada por Margaret Sarah Carpenter em 1836.

Charles Babbage (1791-1871), foto tirada *c*. 1837.

1. Ada, condessa de Lovelace

CIÊNCIA POÉTICA

Em maio de 1833, aos dezessete anos, Ada Byron esteve entre as jovens que foram apresentadas à corte real britânica. Os membros da família estavam preocupados com o modo como ela iria se comportar, pois era de natureza independente e se irritava com facilidade, mas ela acabou agindo, segundo sua mãe, "toleravelmente bem". Entre as pessoas que Ada conheceu naquela noite estavam o duque de Wellington, que ela admirou pela conduta simples, e o embaixador francês Talleyrand, de 79 anos, que lhe pareceu "um macaco velho".[1]

Única filha legítima do poeta Lord Byron, Ada havia herdado o espírito romântico do pai, característica que sua mãe tentava equilibrar fazendo com que ela recebesse aulas de matemática. A combinação produziu em Ada um amor pelo que ela chamou de "ciência poética", que unia sua imaginação rebelde ao encanto que sentia pelos números. Para muitos, entre eles seu pai, as sensibilidades espiritualizadas da era romântica se chocavam com a empolgação técnica da Revolução Industrial. Mas Ada ficava confortável na interseção entre as duas eras.

Assim, não foi surpresa que sua estreia na corte, apesar do glamour da ocasião,

tenha causado menos impressão nela do que sua participação, poucas semanas depois, em outro evento grandioso da temporada londrina: um dos saraus noturnos organizados por Charles Babbage, um viúvo de 41 anos que era uma celebridade da matemática e da ciência e que havia se estabelecido como um luminar do circuito social de Londres. "Ada gostou mais de uma festa em que esteve na quarta-feira do que de qualquer outra reunião no *grand monde*", disse a mãe dela a uma amiga. "Lá ela encontrou algumas pessoas das ciências — entre elas Babbage, que a encantou."

Os saraus de Babbage, que recepcionavam até trezentos convidados, reuniam lordes de fraque e damas de vestidos com brocados, escritores, industriais, poetas, atores, políticos, exploradores, botânicos e outros "cientistas", uma palavra que os amigos de Babbage haviam cunhado havia pouco.[2] Ao levar acadêmicos das ciências para esse elevado reino, disse um renomado geólogo, Babbage "teve êxito em esclarecer qual era o grau de prestígio que a ciência deveria ter na sociedade".[3]

As noites incluíam danças, leituras, jogos e palestras com acompanhamento de vários tipos de frutos do mar, carne, aves, bebidas exóticas e sobremesas geladas. As damas encenavam *tableaux vivants*, em que se vestiam com figurinos para recriar quadros famosos. Astrônomos montavam telescópios, pesquisadores mostravam suas invenções elétricas e magnéticas, e Babbage permitia que os convidados brincassem com seus bonecos mecânicos. A parte principal da noite — e um dos muitos motivos para que o anfitrião organizasse as recepções — era a demonstração que ele fazia de um modelo de parte de sua Máquina Diferencial, uma engenhoca mecânica gigantesca usada para cálculos que ele estava construindo em uma estrutura à prova de fogo ao lado de sua casa. Babbage mostrava o modelo de maneira bastante dramática, acionando a manivela enquanto a máquina calculava uma sequência de números e, justo quando a audiência começava a se entediar, mostrava como o padrão de repente mudava com base nas instruções que haviam sido codificadas na máquina.[4] Os que ficavam especialmente intrigados eram convidados a atravessar o jardim e a visitar os estábulos, onde a máquina completa estava sendo construída.

A Máquina Diferencial de Babbage, que conseguia resolver equações de polinômios, causava diferentes impressões nas pessoas. O duque de Wellington comentou que ela podia ser útil para analisar as variáveis que um general podia enfrentar antes de ir para a batalha.[5] A mãe de Ada, Lady Byron, ficou maravilhada com a "máquina que *pensava*". Quanto a Ada, que depois iria fazer a célebre observação de que as máquinas nunca poderiam de fato *pensar*, um amigo que esteve com eles na demonstração relatou: "A srta. Byron, mesmo sendo jovem, compreendeu sua operação e viu a *imensa beleza* da invenção".[6]

O amor de Ada tanto pela poesia quanto pela matemática levou-a a ver beleza em uma máquina de computação. Ela era um espécime da era da ciência romântica, que se caracterizava por um entusiasmo lírico pela invenção e pela descoberta. Esse foi um período que trouxe "intensidade imaginativa e empolgação para o trabalho científico", segundo escreveu Richard Holmes em *The Age of Wonder*. "A força que

movia isso era um ideal comum de compromisso intenso, e até imprudente, com a descoberta."7

Em resumo, era uma época semelhante à nossa. Os avanços da Revolução Industrial, entre os quais o motor a vapor, o tear mecânico e o telégrafo, transformaram o século XIX mais ou menos do mesmo modo que os avanços da Revolução Digital — o computador, o microchip e a internet — transformaram o nosso século. No coração de ambas as revoluções estavam inovadores que combinavam imaginação e paixão com tecnologia assombrosa, uma mistura que produziu a ciência poética de Ada e que o poeta Richard Brautigan, no século XX, chamaria de "máquinas de graça amorosa".

LORD BYRON

Ada herdou do pai o temperamento poético e insubordinado, mas ele não era a fonte do amor dela por máquinas. Ele era, na verdade, um ludita. No primeiro discurso que fez na Câmara dos Lordes, em fevereiro de 1812, aos 24 anos, Byron defendeu os seguidores de Ned Ludd, que estavam protestando contra os teares mecânicos. Com desprezo sarcástico, Byron ironizou os donos de moinhos de Nottingham, que defendiam um projeto de lei que tornaria a destruição de teares automatizados um crime punível com a pena de morte. "Essas máquinas para eles foram uma vantagem, na medida em que tornaram obsoleta a necessidade de empregar muitos operários, que em consequência foram deixados passando fome", declarou Byron. "Os operários rejeitados, na cegueira de sua ignorância, em vez de se rejubilar com essas melhorias em artes tão benéficas à humanidade, julgaram-se sacrificados em nome de melhorias mecânicas."

Duas semanas depois, Byron publicou os dois primeiros cantos de seu poema épico *Childe Harold's Pilgrimage*, um relato romantizado de suas andanças por Portugal, Malta e Grécia, e, como ele observaria mais tarde, "acordei um dia e me descobri famoso". Bonito, sedutor, problemático, protegido pela família e dado a aventuras sexuais, ele estava vivendo a vida de um herói byroniano ao mesmo tempo que criava o seu arquétipo na poesia. Ele se tornou o queridinho dos meios literários de Londres e era celebrado em três festas por dia, sendo a mais memorável uma suntuosa dança matinal organizada por Lady Caroline Lamb.

Lady Caroline, embora casada com um poderoso aristocrata político que mais tarde se tornou primeiro-ministro, se apaixonou perdidamente por Byron. Ele a achava "magra demais", mas com uma ambiguidade sexual pouco convencional (ela gostava de se vestir como um jovem pajem) que considerava excitante. Eles tiveram um caso tumultuado, e depois que o romance terminou ela o perseguiu de maneira obsessiva. É famosa a declaração de Lady Caroline de que ele era "louco, louco e perigoso de se conhecer", o que era verdade. E o mesmo valia para ela.

Na festa de Lady Caroline, Lord Byron também percebeu uma jovem mulher reservada que estava, segundo ele se lembraria, "vestida de modo mais simples". Annabella Milbanke, de dezenove anos, vinha de uma família rica e cheia de títulos. Na noite anterior à festa, ela lera *Childe Harold*, que lhe tinha despertado sentimentos mistos. "Ele é muito cheio de maneirismos", escreveu. "Ele se destaca sobretudo no delineamento de sentimentos profundos." Ao vê-lo no salão durante a festa, Annabella teve sentimentos perigosamente conflitantes. "Não procurei ser apresentada a ele, porque todas as mulheres o estavam cortejando de maneira absurda e tentando merecer o chicote de sua sátira", ela escreveu para sua mãe. "Não desejo um lugar em seu leito. Não apresentei qualquer oferenda no templo de Childe Harold, embora não me recuse a conhecê-lo caso a ocasião surja."[8]

Essa ocasião, mais tarde, de fato surgiu. Depois de lhe ser apresentado formalmente, Byron concluiu que ela daria uma esposa adequada. Isso era, no caso dele, uma rara mostra de superação do romantismo pela razão. Em vez de causar sentimentos passionais nele, Annabella parecia o tipo de mulher que podia domar esses sentimentos e protegê-lo de seus excessos — assim como ajudar a pagar suas muitas dívidas. Sem muito entusiasmo, ele a pediu em casamento por carta. Ela, sensata, recusou. Ele se afastou e passou a ter companhias bem menos apropriadas, entre as quais sua meia-irmã, Augusta Leigh. Mas depois de um ano Annabella retomou o namoro. Byron, cada vez mais endividado e tentando encontrar um modo de frear seus ímpetos, se não viu romance no possível relacionamento, viu nele racionalidade. "Nada pode me salvar senão um casamento, e um casamento *rápido*", admitiu para a tia de Annabella. "Se sua sobrinha estiver disponível, terá minha preferência, caso contrário, escolherei a primeira mulher que não pareça que vai cuspir no meu rosto."[9] Havia vezes em que Lord Byron não era um romântico. Ele e Annabella se casaram em janeiro de 1815.

Byron deu início ao casamento à sua moda byroniana. "Possuí Lady Byron no sofá antes do jantar", ele escreveu sobre o dia de seu casamento.[10] O relacionamento ainda estava ativo quando eles visitaram a meia-irmã dele dois meses depois, já que foi nessa época que Annabella engravidou. No entanto, durante a visita ela começou a suspeitar que a amizade entre o marido e Augusta ia além do relacionamento fraternal, ainda mais depois de ele ter se deitado no sofá e pedido às duas que o beijassem alternadamente.[11] O casamento começou a desandar.

Annabella tinha tido aulas de matemática, o que Lord Byron achava divertido, e durante o período de namoro ele havia brincado com o próprio desdém que sentia pela exatidão dos números. "Eu sei que dois mais dois são quatro — e ficaria feliz de provar isso, se pudesse", escreveu, "embora deva dizer que, se por qualquer tipo de processo eu pudesse fazer com que dois mais dois fossem cinco, isso me daria muito mais prazer." Antes, de maneira afetuosa, ele a havia apelidado de "Princesa dos Paralelogramos". Mas quando o casamento começou a azedar, ele sofisticou a imagem matemática: "Somos duas retas paralelas prolongadas ao infinito lado a lado que nunca

se encontrarão". Depois, no primeiro canto de seu poema épico *Don Juan*, ele debochou de Annabella: "Sua ciência favorita era a matemática [...]. Ela era um cálculo andante".

O casamento não foi salvo pelo nascimento da filha deles, em 10 de dezembro de 1815. Ela foi batizada de Augusta Ada Byron, sendo o primeiro nome o da excessivamente amada meia-irmã de Byron. Quando Lady Byron ficou convencida da perfídia do marido, passou a chamar a filha pelo nome do meio. Cinco semanas depois, ela pôs seus pertences em uma carruagem e foi para a casa de campo de seus pais com a menina Ada.

Ada jamais voltou a ver o pai. Lord Byron deixou o país em abril, depois de Lady Byron, que escrevia cartas de maneira tão calculada que chegou a ser alcunhada por ele de "Medeia Matemática", ameaçá-lo dizendo que exporia os supostos casos incestuosos e homossexuais como um modo de garantir um acordo de separação que deu a ela a custódia da filha.[12]

A abertura do canto 3 de *Childe Harold's Pilgrimage*, escrita poucas semanas mais tarde, invoca Ada como sua musa:

> *Teu rosto lembra tua mãe, bela criança!*
> *Ada! Tu, o fruto único de meus ramos?*
> *Vi em teus olhos riso e esperança,*
> *E nos separamos.*

Byron escreveu esses versos em uma casa de campo à beira do lago Genebra, onde estava na companhia do poeta Percy Bysshe Shelley e da futura esposa de deste, Mary. Chovia sem parar. Presos na casa por dias, Byron sugeriu que escrevessem histórias de horror. Ele escreveu um fragmento de um conto sobre um vampiro, uma das primeiras incursões literárias sobre o tema, mas a história de Mary se tornou um clássico: *Frankenstein, ou o Prometeu moderno*. Brincando com o mito grego do herói que fez um homem vivo a partir do barro e que roubou o fogo dos deuses para uso humano, *Frankenstein* era a história de um cientista que juntou partes de corpos humanos em um ser humano pensante. Era uma narrativa que falava sobre a necessidade de usar de cautela quando se tratava de tecnologia e de ciência. A história fazia a pergunta que mais tarde seria associada a Ada: máquinas feitas por homens podem realmente pensar?

O terceiro canto de *Childe Harold's Pilgrimage* termina com o poeta prevendo que Annabella tentaria evitar que Ada soubesse do pai, o que de fato aconteceu. Havia um retrato de Lord Byron na casa delas, mas Lady Byron o mantinha cuidadosamente coberto, e Ada só o viu ao completar vinte anos.[13]

Byron, por sua vez, punha um retrato de Ada onde quer que estivesse, e nas suas cartas com frequência pedia notícias sobre ela e solicitava novos retratos. Quando a menina estava com sete anos, ele escreveu para Augusta: "Gostaria que você

conseguisse que Lady B falasse sobre as inclinações de Ada [...]. A garota tem imaginação? [...] Tem paixões? Espero que os deuses tenham feito dela qualquer coisa, exceto *poética* — basta um tolo deste gênero na família". Lady Byron informou que Ada tinha uma imaginação que era "exercitada sobretudo em conexão com sua engenhosidade mecânica".[14]

Mais ou menos nessa época, Byron, que tinha estado perambulando pela Itália, escrevendo e tendo vários casos, entediou-se e decidiu se oferecer como voluntário para lutar pela causa da independência grega do Império Otomano. Ele viajou de barco para Missolonghi, onde assumiu o comando de parte do exército rebelde e se preparou para atacar uma fortaleza turca. Mas antes que pudesse entrar em batalha, pegou uma gripe violenta que se tornou ainda mais grave devido à decisão de seu médico de tratá-lo com sangria. Em 19 de abril, ele morreu. De acordo com seu criado de quarto, entre suas últimas palavras estavam estas: "Ah, minha pobre criança! — minha querida Ada! Meu Deus, se eu pudesse tê-la visto! Dê minhas bênçãos a ela!".[15]

ADA

Lady Byron queria ter certeza de que Ada não ficaria igual ao pai, e parte da sua estratégia foi fazer com que a garota estudasse matemática de maneira rigorosa, como se isso fosse um antídoto contra a imaginação poética. Quando Ada, aos cinco anos, mostrou preferência por geografia, a mãe deu ordens para que a disciplina fosse substituída por aulas adicionais de aritmética, e a governanta logo informou, orgulhosa: "Ela faz somas de cinco ou seis linhas com precisão". Apesar desses esforços, Ada desenvolveu algumas das inclinações do pai. Na adolescência, teve um caso com um de seus tutores, e quando os dois foram pegos e o tutor foi banido, ela tentou fugir de casa para ficar com ele. Além disso, apresentava variações de humor que a levavam de sentimentos de grandeza ao desespero, e sofria de várias doenças tanto físicas quanto psicológicas.

Ada aceitou a convicção da mãe de que uma imersão na matemática poderia ajudar a domar suas tendências byronianas. Depois de sua ligação perigosa com o tutor, e inspirada pela Máquina Diferencial de Babbage, ela decidiu por conta própria, aos dezoito anos, começar uma nova série de aulas. "Devo parar de pensar em viver por prazer ou autogratificação", escreveu para seu novo tutor. "A aplicação dedicada e intensa a assuntos de natureza científica hoje parece ser a única coisa que impede que a minha imaginação corra solta [...]. Parece que a primeira coisa a fazer é um curso de matemática." Ele concordou com a receita: "Você está certa em supor que seu recurso mais importante e sua principal salvaguarda no momento estão em um caminho de estudo intelectual sério. Para esse objetivo, não há nenhuma disciplina comparável à matemática". Ele receitou geometria euclidiana, seguida de uma dose de

trigonometria e de álgebra. Isso devia curar qualquer um, ambos pensavam, da possibilidade de ter paixões artísticas ou românticas em excesso.

O interesse dela pela tecnologia aumentou quando a mãe a levou em viagem aos distritos industriais britânicos para ver novas fábricas e maquinário. Ada se interessou em especial por um tear automático que usava cartões perfurados para direcionar a criação dos padrões de tecido desejados, e desenhou um croqui de como a máquina funcionava. O famoso discurso de seu pai na Câmara dos Lordes defendera os luditas que haviam quebrado teares como esses em razão de seu receio do que a tecnologia poderia causar à humanidade. Mas Ada teve um sentimento poético em relação a tais equipamentos e viu a conexão com aquilo que um dia seria chamado de computadores. "Esse maquinário me lembra o de Babbage e a joia de mecanismo que ele criou", ela escreveu.

O interesse de Ada pela ciência aplicada foi ainda mais estimulado quando ela conheceu uma das poucas mulheres que havia se tornado conhecida na matemática e na ciência britânicas, Mary Somerville. Somerville tinha acabado de escrever uma de suas grandes obras, *On the Connexion of the Physical Sciences*, em que ligava desenvolvimentos da astronomia, da óptica, da eletricidade, da química, da física, da botânica e da geologia.[a] Emblemático de seu tempo, o livro fornecia uma percepção unificada dos extraordinários esforços de descoberta que estavam sendo feitos. Ela proclamava em sua primeira frase: "O progresso da ciência moderna, sobretudo nos últimos cinco anos, tem sido impressionante em razão de uma tendência a simplificar as leis da natureza e a unir ramos distintos por meio de princípios gerais".

Somerville se tornou amiga, professora, inspiradora e mentora de Ada. Encontrava-se com a jovem com regularidade, mandava-lhe livros de matemática, criava problemas para ela resolver e, paciente, explicava as respostas corretas. Também era muito amiga de Babbage, e durante o outono de 1834, ela e Ada compareceram com frequência aos saraus que ele organizava aos sábados. O filho de Somerville, Woronzow Greig, ajudou Ada a assentar ao sugerir a um de seus colegas de classe em Cambridge que ela seria uma esposa adequada — ou pelo menos interessante.

William King tinha destaque social, segurança financeira, uma inteligência quieta e era tão taciturno quanto Ada era excitável. Como ela, estudava ciência, mas seu foco era mais prático e menos poético: seu interesse principal estava nas teorias sobre rotação de colheitas e nos avanços técnicos relativos à criação de animais. Ele pediu Ada em casamento poucas semanas depois de conhecê-la, e ela aceitou. Lady Byron, por motivos que apenas um psiquiatra seria capaz de sondar, decidiu que era necessário contar a William sobre a tentativa de fuga que Ada fizera com seu tutor. Apesar disso, William mostrou-se disposto a ir em frente com o casamento, que aconteceu em julho de 1835. "Bom Deus, que de maneira tão misericordiosa deu a

você a oportunidade de se afastar dos caminhos perigosos, deu a você um amigo e um guardião", escreveu Lady Byron para a filha, acrescentando que ela devia usar essa oportunidade para "dar adeus" a todas as suas "peculiaridades, aos seus caprichos e ao seu egoísmo".

O casamento foi uma combinação feita com base em cálculo racional. Para Ada, ele dava a chance de adotar uma vida mais estável e sólida. Mais importante, permitia que ela escapasse da dependência da mãe dominadora. Para William, significava ter uma esposa fascinante, excêntrica, de uma família rica e famosa.

Primo-irmão de Lady Byron, o visconde Melbourne (que tivera o infortúnio de ser casado com Lady Caroline Lamb, nessa época já falecida) era o primeiro-ministro, e arranjou as coisas para que, na lista de honra da coroação da rainha Vitória, William se tornasse conde de Lovelace. Sua esposa, assim, se tornou Ada, condessa de Lovelace. Portanto, ela pode ser chamada tanto de Ada como de Lady Lovelace, embora seja hoje conhecida normalmente como Ada Lovelace.

Naquele Natal de 1835, Ada recebeu da mãe um retrato em tamanho real de seu pai que pertencia à família. Pintado por Thomas Phillips, mostrava Lord Byron em um perfil romântico, olhando para o horizonte, vestido em um tradicional traje albanês com paletó vermelho, espada cerimonial e turbante. Por anos o retrato ficara pendurado acima da lareira dos avós de Ada, mas tinha permanecido coberto por um pano verde desde o dia em que seus pais haviam se separado. Agora ela ganhava o direito não apenas de vê-lo como também de possuí-lo, junto com o tinteiro e a caneta dele.

A mãe de Ada faz algo ainda mais surpreendente quando o primeiro filho dos Lovelace, um menino, nasceu, alguns meses mais tarde. Apesar do desdém que sentia pela memória do marido, ela concordou que a filha desse o nome de Byron ao bebê, e Ada de fato o batizou assim. No ano seguinte, Ada teve uma menina, a quem obedientemente deu o nome de Annabella, em homenagem à mãe. A jovem então teve uma doença misteriosa, que a manteve na cama por meses. Ela se recuperou o suficiente para ter um terceiro filho, um menino chamado Ralph, mas sua saúde continuou frágil. Ela tinha problemas digestivos e respiratórios que eram tratados com láudano, morfina e outras formas de ópio, o que a levava a ter variações de humor e delírios ocasionais.

Ada ficou ainda mais abalada devido ao surgimento de um drama pessoal que era bizarro até pelos padrões da família Byron. A história envolvia Medora Leigh, a filha da meia-irmã e amante ocasional de Byron. De acordo com boatos em que muita gente acredita, Medora era filha de Byron. Ela parecia determinada a mostrar o lado negro da família. Teve um caso com o marido de uma irmã, depois fugiu com ele para a França e deu à luz dois filhos ilegítimos. Em um ataque de senso de justiça, Lady Byron foi à França para resgatar Medora, e depois revelou a Ada a história do incesto cometido por seu pai.

Essa "história tão estranha e horrível" pareceu não surpreender Ada. "Não

estou nem um pouco chocada", escreveu para a mãe. "Você apenas confirmou aquilo acerca de que, por muitos anos, tive poucas dúvidas."[16] Em vez de se sentir ultrajada, ela, de maneira estranha, pareceu revigorada pela novidade. Afirmou que podia ver em si mesma a tendência do pai de desafiar a autoridade. Falando sobre esse "gênio mal usado", ela escreveu para a mãe: "Se ele transmitiu a mim qualquer parcela desse gênio, posso usá-lo para revelar grandes verdades e princípios. Acredito que ele me legou essa tarefa. Sinto isso de forma muito intensa, e tenho prazer em cumpri-la".[17]

Mais uma vez Ada retomou o estudo de matemática como um modo de se sentir bem, e tentou convencer Babbage a se tornar seu tutor. "Tenho um modo peculiar de aprender, e acredito que é preciso ser um homem peculiar para me ensinar algo com êxito", ela lhe escreveu. Seja em razão dos opiáceos que tomava, seja de sua origem, Ada desenvolveu uma crença um tanto exagerada em seu próprio talento e começou a descrever a si mesma como um gênio. Em uma carta para Babbage, escreveu:

> Não me considere presunçosa, mas acredito que posso ir tão longe quanto queira nessas buscas, e, onde há um gosto tão decidido, eu diria quase uma paixão, quanto tenho por elas, eu me pergunto se não haverá sempre até mesmo alguma porção natural de gênio.

Babbage recusou o pedido de Ada, o que talvez tenha sido uma escolha sensata. Isso preservou a amizade de ambos para uma colaboração ainda mais significativa, e ela conseguiu um tutor de matemática ainda melhor: Augustus De Morgan, um cavalheiro paciente que era um pioneiro no campo da lógica simbólica. Ele havia proposto um conceito que Ada empregaria no futuro com resultados de grande importância: que uma equação algébrica podia ser aplicada a outras coisas que não fossem números. As relações entre símbolos (por exemplo, que $a + b = b + a$) podiam ser parte de uma lógica que se aplicava a coisas que não eram numéricas.

Ada nunca foi a grande matemática que seus canonizadores acreditam que tenha sido; contudo, era uma estudante ávida, capaz de compreender a maior parte dos conceitos básicos de cálculo, e, com sua sensibilidade artística, gostava de visualizar as curvas móveis e as trajetórias que as equações descreviam. De Morgan a incentivou a se concentrar nas regras para uso de equações, mas ela gostava mais de discutir os conceitos subjacentes. Assim como no caso da geometria, Ada com frequência buscava modos visuais de conceber os problemas, por exemplo, como as interseções de círculos dentro de uma esfera a dividiam em várias formas.

A capacidade de Ada de apreciar a beleza da matemática é um dom que falta a muitas pessoas, incluindo alguns que se consideram intelectuais. Ela percebia que a matemática é uma linguagem agradável, que descreve a harmonia do universo e que às vezes pode ser poética. Apesar dos esforços da mãe, ela continuava sendo filha de

seu pai, com uma sensibilidade poética que lhe permitia ver uma equação como se fosse uma pincelada que pintasse um aspecto do esplendor físico da natureza, assim como ela conseguia visualizar "o mar cor de vinho" ou uma mulher que "anda sobre a beleza, como a noite". Mas o encanto da matemática ia ainda mais longe; era espiritual. A matemática "constitui a única linguagem através da qual podemos expressar de maneira adequada os grandes fatos do mundo natural", disse Ada, e isso nos permite retratar as "mudanças nos relacionamentos mútuos" que revelam a criação. Ela é "o instrumento pelo qual a frágil mente humana pode ler de maneira mais eficiente a obra de seu Criador".

Essa capacidade de aplicar a imaginação à ciência caracterizou a Revolução Industrial e também a revolução dos computadores, da qual Ada se tornaria uma santa padroeira. Ela era capaz, como disse a Babbage, de entender a conexão entre a poesia e a análise de modos que transcendiam os talentos de seu pai. "Não creio que meu pai tenha sido (ou pudesse ter chegado a ser) Poeta como posso ser Analista; porque para mim as duas coisas seguem juntas de modo indissociável", escreveu.[18]

O retorno de Ada à matemática, ela disse à sua mãe, estimulou sua criatividade e a levou a um "imenso desenvolvimento da *imaginação*, de modo que não tenho dúvida de que, caso continue meus estudos, deverei no momento certo me tornar *Poeta*".[19] Todo o conceito de imaginação, em especial como aplicável à tecnologia, deixava-a intrigada. "O que é a imaginação?", ela perguntava em um ensaio de 1841. "É a faculdade de fazer combinações. Ela reúne coisas, fatos, ideias em combinações novas, originais, infinitas e sempre em mutação [...]. É ela que penetra os mundos invisíveis da ciência à nossa volta."[20]

Por essa época, Ada acreditava ter capacidades especiais, até sobrenaturais, que chamava de "uma percepção intuitiva das coisas ocultas". Sua visão exaltada de seus talentos a levava a perseguir aspirações incomuns para uma mulher e mãe da aristocracia do início da era vitoriana. "Acredito possuir uma combinação muito singular de qualidades que são perfeitamente adequadas para fazer de mim, acima de tudo, uma descobridora das realidades ocultas da natureza", explicou em uma carta para a mãe em 1841. "Consigo direcionar raios vindos de qualquer lugar do universo para um imenso foco."[21]

Foi com essa ideia em mente que ela decidiu voltar a se relacionar com Charles Babbage, cujos saraus havia frequentado pela primeira vez oito anos antes.

CHARLES BABBAGE E SUAS MÁQUINAS

Desde muito cedo, Charles Babbage se interessou por máquinas que podiam desempenhar tarefas humanas. Quando era criança, a mãe dele o levou a muitos salões de exposições e a museus de maravilhas que estavam surgindo em Londres no início dos anos 1800. Num deles, na praça Hanover, o proprietário, adequadamente

chamado Merlin, convidou-o a conhecer sua oficina no sótão, onde havia vários bonecos mecânicos, conhecidos como "autômatos". Um era uma dançarina prateada, com cerca de trinta centímetros de altura, cujos braços se mexiam com graça e que tinha nas mãos um pássaro que movia a cauda, batia as asas e abria o bico. "Os olhos dela eram cheios de imaginação", lembraria. Anos mais tarde, ele descobriria a Mulher Prateada em um leilão de falência e a compraria. Ela servia de diversão em seus saraus noturnos em que ele celebrava as maravilhas da tecnologia.

Nascido em 1791, Babbage era o único filho de um próspero banqueiro e ourives londrino. Em Cambridge ele fez amizade com um grupo, que incluía John Herschel e George Peacock, que estava desapontado com o modo como a matemática vinha sendo ensinada na instituição. Eles formaram um clube, chamado de Sociedade Analítica, que fazia campanha para que a universidade abandonasse a notação de cálculo legada por seu ex-aluno Newton, baseada em pontos, e a substituísse pela notação inventada por Leibniz, que usava dx e dy para representar incrementos infinitesimais e que era conhecida como notação "d". Babbage deu ao manifesto do clube o título "Os princípios do puro D-ismo em oposição ao Pontismo da universidade". [22] Ele era irritadiço, mas tinha senso de humor.

Um dia Babbage se encontrava na sala da Sociedade Analítica trabalhando em uma tábua de logaritmos que estava cheia de discrepâncias. Herschel lhe perguntou no que ele estava pensando. "Eu pediria a Deus que esses cálculos tivessem sido feitos a vapor", Babbage respondeu. A essa ideia de um método mecânico de tabular logaritmos, Herschel respondeu: "É bem possível".[23] Em 1821, Babbage voltou sua atenção para a construção dessa máquina.

Ao longo dos anos, muitos haviam brincado com engenhocas de calcular. Nos anos 1640, o matemático e filósofo francês Blaise Pascal criou uma calculadora mecânica para diminuir a labuta de seu pai no trabalho como supervisor de impostos. A máquina tinha rodas metálicas raiadas com os algarismos de 0 a 9 em sua circunferência. Para somar ou subtrair números, o operador usava uma agulha para discar um deles, como se estivesse usando um telefone de disco, e então discava o número seguinte; uma armadura acrescentava ou emprestava um 1 quando necessário. Essa se tornou a primeira calculadora a ser patenteada e vendida em escala comercial.

Trinta anos mais tarde, o matemático e filósofo alemão Gottfried Leibniz tentou melhorar a engenhoca de Pascal com uma "calculadora de passos" que tinha a capacidade de multiplicar e de dividir. Ela tinha um cilindro dobrado à mão com um conjunto de dentes que engrenavam em rodas com números. Mas Leibniz deparou com um problema que se tornaria um tema recorrente na era digital. Ao contrário de Pascal, um hábil engenheiro que conseguia combinar teorias científicas com gênio mecânico, Leibniz tinha pouco conhecimento de engenharia e tampouco contava com pessoas à sua volta que tivessem. Assim, como muitos grandes teóricos que não tiveram colaboradores práticos, ele foi incapaz de produzir versões operacionais

confiáveis de seu mecanismo. Contudo, seu conceito principal, conhecido como roda de Leibniz, influenciaria os projetos de calculadoras até a época de Babbage.

Babbage conhecia os equipamentos de Pascal e de Leibniz, mas estava tentando fazer algo mais complexo. Ele queria construir um método mecânico para tabular logaritmos, senos, cossenos e tangentes.[b] Para isso, adaptou uma ideia que o matemático francês Gaspard de Prony teve nos anos 1790. Para criar tábuas de logaritmo e de trigonometria, De Prony decompôs as operações em passos muito simples que envolviam apenas adição e subtração. Então deu instruções fáceis a dezenas de trabalhadores humanos, que pouco sabiam de matemática, de modo que eles pudessem desempenhar essas funções simples e repassar as respostas para o próximo grupo de operários. Em outras palavras, ele criou uma linha de montagem, a grande inovação da era industrial que foi memoravelmente analisada por Adam Smith em sua descrição da divisão do trabalho em uma fábrica de alfinetes. Depois de uma viagem a Paris em que soube do método de De Prony, Babbage escreveu: "Concebi de repente a ideia de aplicar o mesmo método em um trabalho imenso que estava me sobrecarregando, e manufaturar logaritmos como outros manufaturam alfinetes".[24]

Mesmo tarefas matemáticas complexas, pensava Babbage, podiam ser decompostas em passos que se resumiam a calcular "diferenças finitas" por meio de simples soma e subtração. Por exemplo, para fazer uma tábua de quadrados — 1^2, 2^2, 3^2, 4^2 e assim por diante —, você podia listar os números iniciais em uma sequência como: 1, 4, 9, 16... Isso se tornaria a coluna A. Ao lado, na coluna B, você podia calcular as diferenças entre cada um desses números, nesse caso, 3, 5, 7, 9... A coluna C podia listar a diferença entre cada número da coluna B, o que seria 2, 2, 2, 2... Depois que o processo estivesse simplificado dessa maneira, seria possível revertê-lo, e as tarefas, decompostas e repassadas a trabalhadores que não conhecessem matemática. Um podia ser encarregado de acrescentar 2 ao último número da coluna B, e então repassaria esse resultado a outra pessoa, que iria acrescentar esse resultado ao último número da coluna A, gerando assim o próximo número na sequência de quadrados.

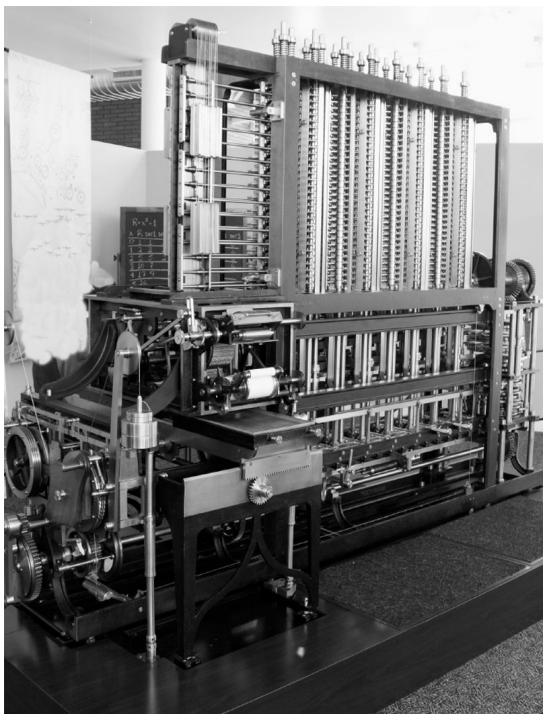
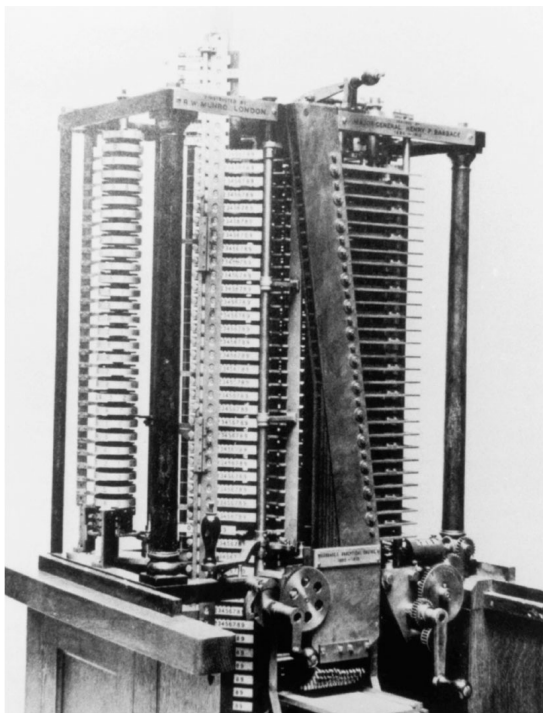
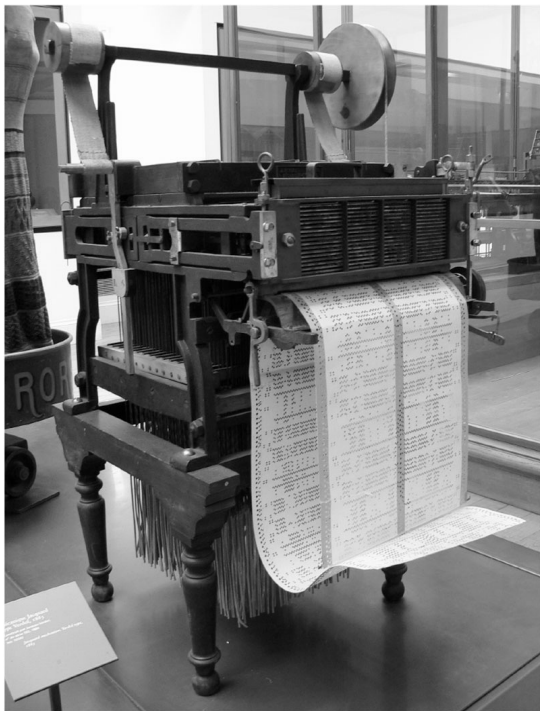
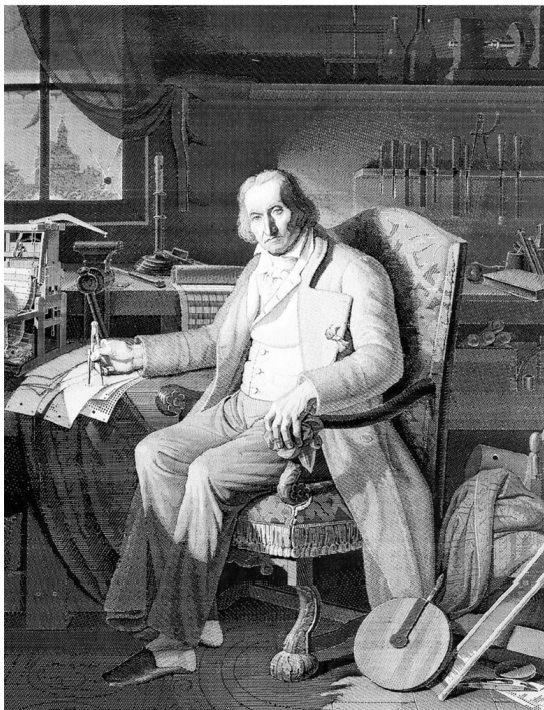
Babbage inventou um modo de mecanizar esse processo e o chamou de Máquina Diferencial. Ela podia tabular qualquer função polinômica e oferecer um método digital para aproximar a solução para equações diferenciais.

Como isso funcionava? A Máquina Diferencial usava eixos verticais com discos que podiam ser girados para qualquer numeral. Eles eram ligados a rodas dentadas que eram giradas para adicionar aquele número a um disco (ou subtraí-lo) em um eixo adjacente. A engenhoca podia até "armazenar" os resultados parciais em outro eixo. A principal complexidade era definir como "levar" e "emprestar" números quando necessário, assim como fazemos com lápis quando calculamos 36 + 19 ou 42 – 17. Com base nos equipamentos de Pascal, Babbage teve algumas ideias engenhosas que

permitiram que as rodas dentadas e os eixos fizessem o cálculo.

A máquina era, em termos conceituais, uma grande maravilha. Babbage até concebeu um modo de fazê-la criar uma tábua de números primos que chegava a 10 milhões. O governo britânico, pelo menos de início, ficou impressionado. Em 1823, deu a ele um subsídio de 1700 libras esterlinas e mais tarde investiria na máquina mais 17 mil libras, o que equivalia a duas vezes o preço de um navio de guerra, durante a década em que Babbage passou tentando construí-la. Mas o projeto esbarrou em dois problemas. Em primeiro lugar, Babbage e o engenheiro que ele contratou não tinham as habilidades necessárias para pôr a máquina para funcionar. Em segundo lugar, ele começou a sonhar com algo melhor.

A nova ideia de Babbage, concebida em 1834, era um computador de propósito geral que podia desempenhar uma variedade de operações diferentes com base em instruções de programação que lhe fossem fornecidas. Ele podia desempenhar uma tarefa, depois ser instruído a desempenhar outra. Podia até dizer a si mesmo para mudar de tarefa — ou mudar seu "padrão de ação", como Babbage explicava —, baseado em seus próprios cálculos parciais. Babbage batizou essa máquina proposta de Máquina Analítica. Ele estava cem anos à frente de seu tempo.

A Máquina Analítica era o produto daquilo que Ada Lovelace, em seu ensaio sobre imaginação, havia chamado de "Faculdade de Combinar". Babbage havia combinado inovações que tomara emprestado de outros campos, um truque de muitos grandes inventores. Ele tinha originalmente usado um tambor de metal cravejado de pontas que controlavam como os eixos girariam. Mas a seguir ele estudou, como Ada fizera, o tear automático inventado em 1801 por um francês chamado Joseph-Marie Jacquard, que havia transformado a indústria de tecelagem de seda. Teares criavam um padrão ao usar ganchos para erguer fios selecionados da trama, e então uma haste empurrava um fio de tecido por baixo. Jacquard inventou um método que consistia em usar cartões com perfurações para controlar esse processo. Esses buracos determinavam quais ganchos e hastes seriam ativados em cada passo da trama, automatizando a criação de padrões intricados. Cada vez que a lançadeira era trocada para criar um novo trecho da trama, um novo cartão perfurado entrava em ação.

Réplica da Máquina Diferencial.

Réplica da Máquina Analítica.

O tear de Jacquard.

Retrato em seda de Joseph-Marie Jacquard (1752-1834) tecido por um tear de Jacquard.

Em 30 de junho de 1836, Babbage fez uma anotação no que ele chamava de "Livro de Rabiscos", que representaria um marco na pré-história dos computadores:

“Sugeria um tear de Jacquard como substituto para os tambores”.[25] Usar cartões perfurados em vez de tambores de aço significava que um número ilimitado de instruções podia ser dado. Além disso, a sequência de tarefas podia ser modificada, tornando assim mais fácil a criação de uma máquina de propósito geral que fosse versátil e reprogramável.

Babbage comprou um retrato de Jacquard e começou a exibi-lo em seus saraus de sábado. A imagem mostrava o inventor sentado em uma poltrona, com um tear ao fundo, segurando um par de compassos de calibre sobre cartões retangulares perfurados. Babbage divertia seus convidados pedindo-lhes que adivinhassem o que era aquilo. A maior parte achava que era uma gravura excepcional. Ele então revelava tratar-se na verdade de uma tapeçaria de seda finamente tecida, com 24 mil fileiras de fios, cada uma controlada por um cartão perfurado diferente. Quando o príncipe Albert, marido da rainha Vitória, foi a um dos saraus de Babbage, perguntou ao anfitrião por que ele achava a tapeçaria tão interessante. Babbage respondeu: “Ela será de grande ajuda para explicar a natureza de minha máquina de calcular, a Máquina Analítica”.[26]

Poucas pessoas, porém, viam a beleza da nova máquina proposta por Babbage, e o governo britânico não mostrou disposição para financiá-la. Não importava o quanto tentasse, Babbage conseguiu gerar poucas notícias na imprensa popular e em revistas científicas.

Mas ele encontrou uma entusiasta. Ada Lovelace apreciou plenamente o conceito de uma máquina de propósito geral. Mais importante, visualizou um atributo que podia torná-la de fato impressionante: a máquina tinha potencial para processar não só números como quaisquer notações simbólicas, incluindo notações musicais e artísticas. Ada viu a poesia dessa ideia e passou a incentivar os outros a ver a mesma coisa.

Ada enviou muitas cartas a Babbage, algumas das quais quase atrevidas, embora ele fosse 24 anos mais velho do que ela. Em uma delas, Ada descreveu o jogo solitário composto de 26 bolinhas de gude, em que o objetivo é fazê-las executar saltos de modo que reste apenas uma. Ela havia dominado o jogo, mas estava tentando extrair uma “fórmula matemática [...] da qual a solução dependa, e que possa ser posta em linguagem simbólica”. Então ela perguntava: “Serei imaginativa demais para você? Acredito que não”.[27]

O objetivo dela era trabalhar com Babbage como sua divulgadora e como sócia, a fim de tentar conseguir apoio para a construção da Máquina Analítica. “Estou muito ansiosa para falar com você”, ela escreveu no início de 1841.

> Vou lhe dar uma dica sobre o motivo. É que me ocorre que em algum ponto do futuro [...] você pode fazer com que minha mente fique subserviente a seus objetivos e a seus planos. Se for assim, se em algum momento eu puder ter

valor ou capacidade para que você deseje usar a minha mente, ela será sua.[28]

Um ano mais tarde, apareceu uma oportunidade feita sob medida.

AS NOTAS DE LADY LOVELACE

Na busca por apoio para sua Máquina Analítica, Babbage aceitou um convite para discursar no Congresso de Cientistas Italianos em Turim. Quem fazia as anotações era um jovem engenheiro militar, capitão Luigi Menabrea, que mais tarde seria primeiro-ministro da Itália. Com a ajuda de Babbage, Menabrea publicou uma descrição detalhada da máquina, em francês, em outubro de 1842.

Um dos amigos de Ada sugeriu que ela traduzisse o artigo de Menabrea para o *Scientific Memoirs*, um periódico dedicado a artigos científicos. Estava ali a oportunidade para obsequiar Babbage e para mostrar seus talentos. Quando terminou o trabalho, ela informou a Babbage, que ficou agradecido, mas também em certa medida surpreso. "Perguntei por que não tinha ela mesma escrito um artigo original sobre um tema que conhecia tão intimamente", disse ele.[29] Ada respondeu que isso não lhe havia ocorrido. Na época, mulheres não costumavam publicar artigos científicos.

Babbage lhe sugeriu que acrescentasse algumas anotações ao trabalho de Menabrea, projeto que Ada abraçou com entusiasmo. Ela começou a trabalhar em uma seção que chamou de "Notas da tradutora", que acabou tendo 19136 palavras, mais do que o dobro do tamanho do artigo original de Menabrea. Assinadas com um "A. A. L.", que significava Augusta Ada Lovelace, suas "Notas" se tornaram mais famosas que o artigo e estavam destinadas a fazer dela uma figura icônica na história da computação.[30]

À medida que Ada trabalhava nas anotações em sua casa de campo em Surrey no verão de 1843, ela e Babbage trocavam dezenas de cartas, e quando chegou o outono eles já haviam se encontrado várias vezes depois de ela ter voltado para casa, na praça St. James, em Londres. Um debate secundário referente a uma particularidade acadêmica, marcado por questões de gênero, surgiu em relação a quanto do pensamento exposto nas notas era de Ada e quanto era dele. Em suas memórias, Babbage dá a ela boa parte do crédito:

> Discutimos várias ilustrações que podiam ser acrescentadas: sugeri muitas, mas a escolha ficou inteiramente por conta dela. O mesmo vale para o trabalho algébrico referente a vários problemas, exceto, na verdade, aquele que diz respeito aos números de Bernoulli, que eu havia me oferecido para fazer, a fim de que Lady Lovelace não precisasse ter esse incômodo. Ela me enviou isso

> de volta para que eu fizesse emendas, já que havia detectado um grave erro que eu havia cometido no processo.[31]

Em suas "Notas", Ada explorou quatro conceitos que teriam ressonância histórica um século mais tarde, quando o computador afinal nasceu. O primeiro era o de uma máquina de propósito geral, que pudesse não apenas desempenhar uma tarefa preestabelecida, mas que pudesse ser programada e reprogramada para desempenhar uma gama ilimitada e mutável de tarefas. Em outras palavras, ela visualizou o computador moderno. Esse conceito estava no cerne de sua "Nota A", que enfatizava a distinção entre a Máquina Diferencial original de Babbage e a nova Máquina Analítica que ele estava propondo. "A função particular cuja integral a Máquina *Diferencial* foi construída para tabular é $\Delta7ux = 0$", ela começou, explicando que o objetivo da máquina era a computação de tabelas náuticas. "A Máquina *Analítica*, pelo contrário, não é meramente adaptada para tabular os resultados de uma ou de outra função específica, mas para desenvolver e tabular quaisquer funções."

Isso foi feito, ela escreveu, pela "introdução na máquina do princípio que Jacquard inventou para regular, por meio de cartões perfurados, os mais complicados padrões na fabricação de tecidos brocados". Mais do que o próprio Babbage, Ada percebia a importância disso. Significava que a máquina poderia ser o tipo de computador que hoje conhecemos: o tipo de máquina que não faz meramente uma tarefa específica, mas que pode ser uma máquina de propósito geral. Ela explicava:

> Os limites da aritmética foram ultrapassados no momento em que surgiu a ideia de aplicar cartões. A Máquina Analítica não é o mesmo que as simples "máquinas de calcular". Ela tem uma posição totalmente própria. Ao permitir que um mecanismo combine símbolos *em geral*, em sucessões de variedade e extensões ilimitadas, estabelece-se uma ligação única entre as operações concretas e os processos mentais abstratos.[32]

Essas frases são um pouco confusas, mas vale a pena lê-las com atenção. Elas descrevem a essência dos computadores modernos. E Ada deu vida ao conceito com floreios poéticos. "A Máquina Analítica tece padrões algébricos assim como o tear de Jacquard tece flores e folhas", ela escreveu. Quando Babbage leu a "Nota A", ficou empolgado e não fez mudança alguma. "Suplico que você não modifique isso", ele disse.[33]

O segundo conceito de Ada digno de nota partiu dessa descrição de uma máquina de propósito geral. Suas operações, ela imaginava, não precisavam ser limitadas à matemática e aos números. Usando a ideia de De Morgan sobre a extensão da álgebra para uma lógica formal, ela notou que um equipamento como a Máquina

Analítica podia armazenar, processar e agir sobre qualquer coisa que pudesse ser expressa em símbolos: palavras, lógica, música e qualquer outra coisa que pudesse usar símbolos para ser transmitida.

Para explicar essa ideia, ela definiu de maneira detalhada o que era uma operação de computador: "Pode ser desejável explicar que, pela palavra 'operação', queremos dizer qualquer processo que altere a relação mútua de duas ou mais coisas, seja essa relação de que tipo for". Uma operação de computador, ela escreveu, podia alterar a relação não apenas entre números, mas entre quaisquer símbolos que estivessem relacionados de maneira lógica. "Ela pode agir sobre outras coisas além de números, desde que as relações mútuas fundamentais entre os objetos possam ser expressas pelas relações da ciência abstrata das operações." A Máquina Analítica podia, em teoria, até desempenhar operações sobre notações musicais:

> Supondo, por exemplo, que as relações fundamentais entre os sons emitidos na ciência da harmonia e da composição musical sejam suscetíveis de uma expressão desse gênero e de tais adaptações, a máquina poderia compor peças de música elaboradas e científicas de qualquer grau de complexidade.

Era o conceito definitivo da "ciência poética" típica de Ada: uma peça musical elaborada e científica composta por uma máquina! O pai dela teria estremecido.

Esse insight se tornaria o conceito fundamental da era digital: qualquer peça de conteúdo, de dados ou de informação — música, texto, imagens, números, símbolos, sons, vídeo — podia ser expressa em formato digital e manipulada por máquinas. Nem mesmo Babbage viu isso plenamente; ele se concentrou nos números. Mas Ada percebeu que os algarismos nas rodas dentadas podiam representar outras coisas, além de quantidades matemáticas. Assim, ela deu o salto conceitual das máquinas que eram apenas calculadoras para aquelas que hoje chamamos de computadores. Doron Swade, um historiador da computação especializado no estudo das máquinas de Babbage, declarou que esse é um dos legados históricos de Ada. "Se estamos observando a história e procurando um ponto de transição, então essa transição foi feita de maneira explícita naquele artigo de 1843", disse.[34]

A terceira contribuição de Ada, na sua nota final, a "Nota G", foi descrever em detalhes, passo a passo, o funcionamento daquilo que hoje chamamos de programa de computador ou algoritmo. O exemplo que ela usou foi de um programa para computar números de Bernoulli,[c] uma série infinita de extrema complexidade que, sob formas diferentes, desempenha um papel na teoria dos números.

Para mostrar como a Máquina Analítica podia gerar números de Bernoulli, Ada descreveu uma sequência de operações e depois elaborou um gráfico mostrando como cada um seria codificado na máquina. Ao longo do caminho, ela ajudou a inventar os conceitos de sub-rotinas (uma sequência de instruções que desempenha

uma tarefa específica, como computar um cosseno ou calcular juros compostos, e que pode ser inserida em programas maiores se necessário) e um loop recursivo (uma sequência de instruções que se repete).[d] Isso se tornou possível graças ao mecanismo do cartão perfurado. Eram necessários 75 cartões para gerar cada número, ela explicou, e então o processo se tornava iterativo, já que o número era posto de novo no processo para gerar o próximo número. "Será óbvio que os mesmos 75 cartões variáveis podem ser repetidos para a computação de cada número sucessivo", escreveu Ada. Ela visualizou uma biblioteca de sub-rotinas usadas com frequência, algo que seus herdeiros intelectuais, entre os quais mulheres como Grace Hopper em Harvard e Kay McNulty e Jean Jennings na Universidade da Pensilvânia, criariam nos anos 1950. Além disso, como a máquina de Babbage tornava possível dar saltos para a frente e para trás na sequência de cartões de instrução com base nos resultados parciais que ela havia calculado, isso estabelecia o fundamento para o que hoje chamamos de lógica condicional, a mudança para um caminho diferente de instruções caso sejam encontradas determinadas condições.

Babbage ajudou Ada com os cálculos de Bernoulli, mas as cartas mostram que ela estava por demais envolvida com os detalhes. "Estou obstinadamente atacando e esmiuçando até o menor detalhe os modos de deduzir os números de Bernoulli", ela escreveu em julho, apenas semanas antes de sua tradução e suas notas serem impressas. "Estou tão desalentada por ter entrado neste incrível atoleiro e nesta amolação com esses números que não tenho como fazer isso hoje [...]. Estou em um fascinante estado de confusão."[35]

Quando resolveu esse problema, Ada acrescentou uma contribuição que era essencialmente dela mesma: uma tabela e um diagrama que mostravam com exatidão como o algoritmo podia ser levado ao computador, passo a passo, incluindo dois loops recursivos. Tratava-se de uma lista numerada de instruções que incluíam registros de destinação, operações e comentários — algo que seria familiar a qualquer programador de C++ hoje. "Trabalhei sem parar e com bons resultados o dia todo", ela escreveu para Babbage. "Você ficará extremamente admirado com a tabela e com o diagrama. Eles foram feitos com o máximo zelo." Consultando todas as cartas, fica evidente que ela mesma construiu a tabela; a única ajuda veio do seu marido, que não entendia de matemática, mas estava disposto a passar tinta metodicamente por cima daquilo que ela havia escrito a lápis. "Neste momento Lord L está fazendo a gentileza de passar tinta em todo o trabalho para mim", ela escreveu a Babbage. "Precisei fazer isso a lápis."[36]

Foi sobretudo por causa desse diagrama, que acompanhava os processos complexos de geração de números de Bernoulli, que Ada recebeu de seus fãs a honra de ser chamada de "a primeira programadora de computador do mundo". É um pouco difícil defender isso. Babbage já havia inventado, pelo menos em teoria, mais de vinte explicações de processos que a máquina podia eventualmente desempenhar. Mas nenhum deles havia sido publicado, e não havia uma descrição clara do modo

como sequenciar as operações. Portanto, é justo dizer que a descrição do algoritmo e a programação detalhada para a geração de números de Bernoulli foram o primeiro programa de computador a ser publicado. E as iniciais ao fim do artigo eram as de Ada Lovelace.

Há ainda mais um conceito importante apresentado por Ada em suas "Notas" que ecoava a história de Frankenstein escrita por Mary Shelley depois de um fim de semana com Lord Byron. Esse conceito levantava aquele que continua sendo o tópico metafísico mais fascinante envolvendo computadores, aquele que diz respeito à inteligência artificial: as máquinas podem pensar?

Ada acreditava que não. Uma máquina como a de Babbage podia desempenhar operações de acordo com as instruções que recebesse, dizia ela, mas não podia ter ideias ou intenções próprias. "A Máquina Analítica não tem nenhuma pretensão de *originar* algo", escreveu em suas "Notas". "Ela pode fazer tudo aquilo que soubermos ordenar-lhe que faça. Ela pode seguir análises; porém, não tem poder de antecipar quaisquer relações analíticas ou verdades." Um século depois, essa afirmação seria chamada de "Objeção de Lady Lovelace" pelo pioneiro da computação Alan Turing (ver capítulo 3).

Ada queria que seu trabalho fosse visto como um artigo científico sério, e não apenas como uma peça de relações públicas, de modo que no início de suas "Notas" ela afirmou que não iria "dar opinião" sobre a relutância do governo em continuar a financiar o empreendimento de Babbage. Isso não agradou a Babbage, que em seguida escreveu uma arenga atacando o governo. Ele quis que Ada incluísse esse texto em suas "Notas", sem pôr o nome dele, como se fosse opinião dela. Ela se recusou. Não queria comprometer o seu trabalho.

Sem informá-la, Babbage mandou o apêndice que havia proposto diretamente para o *Scientific Memoirs*. Os editores decidiram que o texto deveria aparecer em separado e sugeriram que ele "corajosamente" assinasse seu nome. Babbage sabia ser charmoso quando queria, mas também podia ser ranzinza, teimoso e desafiador, como a maioria dos inovadores. A solução sugerida o deixou furioso, e ele escreveu a Ada pedindo-lhe que deixasse de publicar o artigo. Então foi a vez dela de ficar irada. Usando uma forma de falar típica de amigos do sexo masculino, "Meu caro Babbage", ela escreveu que "deixar de publicar a tradução e as Notas" seria "desonroso e injustificável". E terminava a carta dizendo: "Esteja certo de que sou sua melhor amiga; no entanto, nunca poderei apoiar ações suas baseadas em princípios que considero serem não apenas errados, mas também suicidas".[37]

Babbage recuou e concordou em ter seu texto publicado em separado, em outro periódico. Naquele dia, Ada se queixou para a mãe:

> Fui atormentada e oprimida de modo chocante pela conduta do sr. Babbage […]. Lamento chegar à conclusão de que ele é uma das pessoas mais intratáveis, egoístas e destemperadas com quem alguém pode ter de lidar […]. Eu disse de uma vez por todas a Babbage que não há força que possa me levar a me entregar a qualquer uma de suas querelas ou a me tornar um instrumento dele […]. Ele ficou furioso. Eu me mantive imperturbável e impassível.[38]

A resposta de Ada à disputa foi uma bizarra carta de dezesseis páginas a Babbage, escrita em um frenesi, que expunha de maneira vívida os humores, exultações, delírios e paixões dela. Ada o adulava e o repreendia, elogiava-o e o denegria. Em determinado ponto, mostrava as diferenças dos motivos de ambos. "Meu próprio princípio, que não comprometo, é me esforçar para amar a verdade e a Deus antes da fama e da glória", ela afirmava. "O seu é amar a verdade e a Deus; mas também amar a fama, a glória, as honras e outras coisas." Ela dizia ver a sua própria fama inevitável como de uma natureza elevada: "Queria aumentar meu poder de explicar e de interpretar o Todo-Poderoso e suas leis […]. Não veria como pequena a glória de ser capaz de ser um de seus mais célebres profetas".[39]

Depois de ter deixado isso claro, Ada oferecia a Babbage um acordo: eles deveriam formar uma parceria empresarial e política. Ela iria usar suas conexões e seu poder de convencimento em prol do projeto dele de construir a Máquina Analítica se — e apenas se — ele permitisse que ela tivesse controle sobre as decisões de negócios. "Dou a você a preferência de escolha e ofereço os meus serviços e meu intelecto", escreveu. "Não os rejeite de forma leviana." A carta estava escrita em partes, como um acordo de capital de risco ou um acordo pré-nupcial, incluindo a possibilidade da existência de árbitros. "Você se comprometerá a agir totalmente de acordo com o meu julgamento (ou de quaisquer pessoas que você possa nomear desde já como árbitros, sempre que divergirmos) em todos os aspectos práticos", ela declarou. Em troca, ela prometia, iria "pôr diante de você ao fim de um ou dois anos propostas explícitas e honradas para executar a construção de sua máquina".[40]

A carta pareceria surpreendente, se não fosse semelhante a muitas outras que Ada escreveu. Era um exemplo de como suas ambições grandiosas a levavam a dar passos em falso. Contudo, ela merece respeito como alguém que, indo muito além das expectativas que se tinha em função de seu histórico e de seu gênero, e superando a praga dos demônios de sua família, se dedicou com diligência a façanhas matemáticas complexas que a maior parte das pessoas nunca poderia nem mesmo tentar. (Os números de Bernoulli por si sós já derrotariam a maioria de nós.) Seus impressionantes trabalhos matemáticos e insights imaginativos surgiram em meio ao drama de Medora Leigh e a doenças que a levariam a se tornar dependente de

opiáceos que causavam variações de humor severas. No fim da carta para Babbage, ela explicou: "Meu caro amigo, se você soubesse das experiências tristes e terríveis que tenho tido, e que você nem mesmo pode imaginar, perceberia que é preciso dar *algum* valor a meus sentimentos". Em seguida, após um rápido desvio para falar de um detalhe sobre o uso de cálculo de diferenças finitas para computar números de Bernoulli, ela pedia desculpas por "a carta estar tristemente borrada" e perguntava, em tom lamurioso: "Fico me perguntando se você vai querer manter esta fada a seu serviço ou não".[41]

Ada estava convicta de que Babbage iria aceitar sua oferta de sociedade no empreendimento. "A ideia de ter minha pena trabalhando a seu favor lhe é tão cara que talvez ele se renda; embora eu exija concessões bastante importantes", ela escreveu para a mãe. "Se ele consentir com o que estou propondo, é provável que eu lhe evite muitos problemas e faça com que ele consiga levar sua máquina a cabo."[42] Babbage, no entanto, considerou que era mais sensato recusar. Visitou Ada e "recusou todas as condições".[43] Embora eles nunca mais tenham colaborado em assuntos científicos, o relacionamento dos dois sobreviveu. "Penso que Babbage e eu estamos mais amigos do que nunca", ela escreveu para a mãe na semana seguinte.[44] E Babbage concordou em visitá-la em sua casa de campo no mês seguinte, mandando-lhe uma carta agradável em que se referia a Ada como "a Encantadora de Números" e como "Minha querida e muito admirada intérprete".

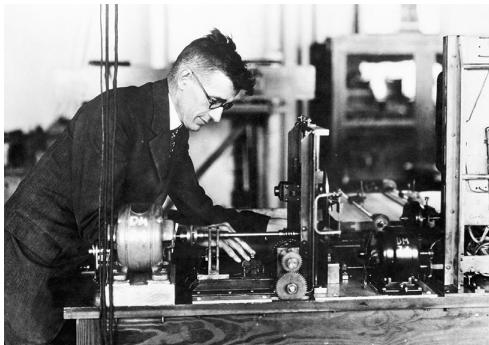
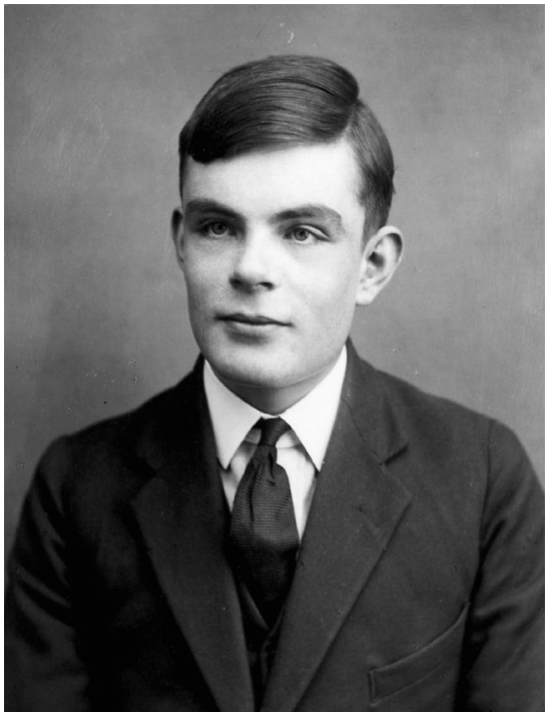
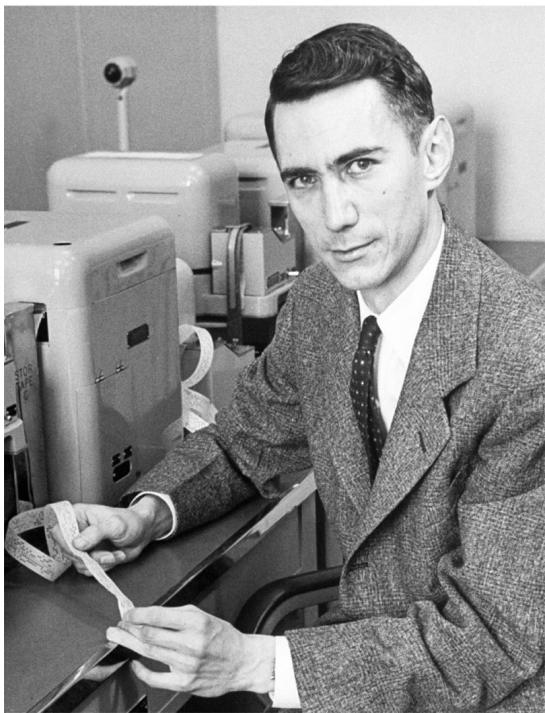
Naquele mês, setembro de 1843, a tradução do artigo e as "Notas" por fim apareceram no *Scientific Memoirs*. Durante algum tempo Ada pôde fruir os aplausos dos amigos e ter esperanças de que, assim como ocorrera com sua mentora Mary Somerville, ela fosse levada a sério nos círculos científicos e literários. A publicação afinal fez com que se sentisse como "uma pessoa completamente profissional", escreveu ela a um advogado. "Eu de fato me tornei tão ligada a uma profissão quanto *você*."[45]

Não seria assim. Babbage não conseguiu mais financiamentos para suas máquinas; elas nunca foram construídas e ele morreu pobre. Quanto a Lady Lovelace, ela nunca publicou outro artigo científico. Em vez disso, sua vida entrou em uma espiral negativa, e ela se tornou viciada em jogo e em opiáceos. Teve um caso com um parceiro de jogatina que depois a chantageou, forçando-a a penhorar as joias da família. Durante seu último ano de vida, ela lutou uma batalha cada vez mais dolorosa contra um câncer de útero que era acompanhado de constante hemorragia. Quando ela morreu em 1852, aos 36 anos, foi sepultada, de acordo com um de seus últimos desejos, em um túmulo no campo ao lado do pai poeta que ela nunca conheceu e que havia morrido com a mesma idade.

A Revolução Industrial se baseava em dois grandes conceitos que eram profundos em sua simplicidade. Inovadores bolaram maneiras de simplificar tarefas ao

dividi-las em tarefas mais fáceis e menores que podiam ser realizadas por linhas de montagem. Depois, começando pela indústria têxtil, inventores descobriram maneiras de mecanizar passos de modo que eles pudessem ser desempenhados por máquinas, muitas das quais eram movidas por motores a vapor. Babbage, usando ideias de Pascal e de Leibniz, tentou aplicar esses dois processos à produção de computações, criando um precursor mecânico do computador moderno. Seu salto conceitual mais importante foi perceber que essas máquinas não precisavam ser projetadas para desempenhar apenas um processo, mas que, em vez disso, podiam ser programadas e reprogramadas por meio do uso de cartões perfurados. Ada viu a beleza e a importância dessa noção encantadora, e também descreveu uma ideia ainda mais empolgante derivada disso: essas máquinas podiam processar não apenas números, mas qualquer coisa que pudesse ter uma notação por meio de símbolos.

Ao longo dos anos, Ada Lovelace tem sido celebrada como um ícone feminista e como uma pioneira da computação. Por exemplo, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos deu o nome de Ada a seu programa de linguagem de alto nível orientada a objetos. No entanto, ela também tem sido ridicularizada como alguém delirante, volúvel e que deu apenas uma contribuição menor para as "Notas" que levam as suas iniciais. Como ela mesma escreveu naquelas "Notas", referindo-se à Máquina Analítica, mas com palavras que também descrevem sua reputação flutuante, "ao pensar sobre qualquer objeto novo, costuma haver uma tendência a, primeiro, superestimar aquilo que já achamos interessante ou impressionante; e, depois, por uma espécie de reação natural, a subestimar o verdadeiro valor do objeto".

A verdade é que a contribuição de Ada foi tanto profunda quanto inspiradora. Mais do que Babbage ou do que qualquer outra pessoa de sua época, ela foi capaz de vislumbrar que máquinas se tornariam parceiras da imaginação humana, tecendo conosco tapeçarias tão belas como aquelas feitas pelo tear de Jacquard. Seu gosto pela ciência poética a levou a celebrar uma proposta de máquina de calcular que havia sido desprezada pelo establishment científico de sua época, e ela percebeu como o poder de processamento desse equipamento podia ser usado para qualquer forma de informação. Assim, Ada, condessa de Lovelace, ajudou a plantar as sementes de uma era digital que floresceria cem anos mais tarde.

Vannevar Bush (1890-1974) com seu Analisador Diferencial, no MIT.

Alan Turing (1912-54) no internato Sherborne, 1928.

Claude Shannon (1916-2001), 1951.

a Foi numa resenha desse livro que um dos amigos de Babbage, William Whewell, cunhou o termo “cientista” para sugerir a conexão entre essas disciplinas.
b Especificamente, ele queria usar o método de diferenças divididas para tabular funções polinômicas e, assim, aproximar muito funções logarítmicas e trigonométricas.
c Os números de Bernoulli, que têm esse nome em homenagem ao matemático suíço do século XVII Jacob Bernoulli, que estudou as somas de potências de números inteiros consecutivos, desempenham um papel intrigante na teoria dos números, na análise matemática e na topologia diferencial.
d O exemplo de Ada envolvia a tabulação de polinômios usando técnicas diferenciais como uma subfunção, o que exigia uma estrutura de loop aninhado com vários tamanhos diferentes para o loop interno.

2. O computador

Às vezes, a inovação é uma questão de tempo. Uma grande ideia chega no exato momento em que existe a tecnologia para implementá-la. Por exemplo, a ideia de mandar um homem à Lua foi proposta justamente quando o progresso dos microchips tornou possível colocar sistemas de orientação por computador na ogiva de um foguete. Há outros casos, no entanto, em que essa sincronia não existe. Charles Babbage publicou seu artigo sobre um computador sofisticado em 1837, mas passaram-se cem anos até que as dezenas de avanços tecnológicos necessários para construir algo do gênero fossem alcançadas.

Alguns desses avanços parecem quase triviais, porém o progresso não vem apenas em grandes saltos, mas também na forma de centenas de pequenos passos. Pensemos, por exemplo, nos cartões perfurados, como os que Babbage viu nos teares de Jacquard e que se propôs a incorporar em sua Máquina Analítica. O aperfeiçoamento do uso dos cartões perfurados para computadores ocorreu porque Herman Hollerith, um funcionário do Escritório do Censo dos Estados Unidos, ficou estarrecido com o fato de que foram necessários quase oito anos para tabular manualmente os dados do recenseamento de 1880. Ele resolveu automatizar a tabulação de 1890.

Usando como base o modo como os condutores de trem perfuravam os bilhetes em vários lugares diferentes para indicar as características de cada passageiro (gênero, altura aproximada, idade, cor de cabelo), Hollerith inventou cartões perfurados com doze linhas e 24 colunas que registravam os fatos importantes sobre cada pessoa no censo. Os cartões então eram colocados entre uma grade de recipientes com mercúrio e um conjunto de pentes de pinos, que criavam um circuito elétrico onde houvesse uma perfuração. A máquina podia tabular não apenas os totais das linhas como também combinações de características, como o número de homens casados ou de mulheres nascidas em outros países. Usando os tabuladores de Hollerith, o censo de 1890 foi completado em um ano, em vez de em oito. Esse foi o primeiro grande uso de circuitos elétricos para processar informações, e a empresa que Hollerith fundou se tornou em 1924, depois de uma série de fusões e de aquisições, a International Business Machines Corporation (IBM).

Um modo de ver a inovação é entendê-la como a acumulação de centenas de pequenos avanços, como os contatores e os leitores de cartões perfurados. Em lugares como a IBM, que se especializam em melhorias diárias feitas por equipes de engenheiros, essa é a maneira preferida de compreender como a inovação de fato acontece. Algumas das tecnologias mais importantes de nossa era, como as técnicas de perfuração desenvolvidas ao longo das últimas seis décadas para extrair gás natural, surgiram graças a incontáveis pequenas inovações, assim como algumas poucas descobertas que causaram saltos tecnológicos.

No caso de computadores, houve muitos desses avanços incrementais feitos por engenheiros anônimos em lugares como a IBM. Mas isso não foi suficiente. Embora as máquinas que a IBM produziu no início do século XX pudessem compilar dados, elas não eram o que chamamos de computadores. Nem mesmo eram calculadoras particularmente hábeis. Eram imperfeitas. Além dessas centenas de pequenos avanços, o nascimento da era do computador exigiu alguns saltos imaginativos maiores realizados por visionários criativos.

O DIGITAL VENCE O ANALÓGICO

As máquinas inventadas por Hollerith e Babbage eram *digitais*, o que significa que elas calculavam usando dígitos: números inteiros discretos e distintos como 0, 1, 2, 3. Em suas máquinas, os números inteiros eram somados e subtraídos usando rodas dentadas e discos que clicavam um dígito por vez, como contadores. Outra abordagem em relação à computação era construir equipamentos que pudessem imitar ou reconstruir um modelo de um fenômeno físico e então fazer medições no modelo análogo para calcular os resultados. Esses eram conhecidos como *computadores analógicos*, porque operavam por analogia. Computadores analógicos não se baseiam em números inteiros discretos para fazer seus cálculos; em vez disso, eles usam

funções contínuas. Em computadores analógicos, uma quantidade variável, como uma voltagem elétrica, a posição de uma corda em uma polia, a pressão hidráulica ou a medição de uma distância, é usada como um análogo para as quantidades correspondentes do problema a ser resolvido. Uma régua de cálculo é analógica; um ábaco é digital. Relógios com ponteiros são analógicos, e aqueles que exibem numerais são digitais.

Por volta da época em que Hollerith estava construindo seu tabulador digital, Lord Kelvin e seu irmão James Thomson, dois dos mais notáveis cientistas da Inglaterra, estavam criando uma máquina analógica. Ela foi projetada para lidar com a tediosa tarefa de resolver equações diferenciais, que ajudariam na criação de tábuas de maré e de tabelas com os ângulos de disparo que gerariam diferentes trajetórias para projéteis de artilharia. A partir de 1870, os irmãos inventaram um sistema que se baseava em um planímetro, instrumento que pode medir a área de uma forma bidimensional, como o espaço debaixo de uma curva em um pedaço de papel. O usuário traçaria o esboço da curva com o equipamento, que calcularia a área usando uma pequena esfera que era empurrada devagar ao longo da superfície de um grande disco rotativo. Ao calcular a área sob a curva, o mecanismo podia resolver equações por integração — em outras palavras, podia fazer uma tarefa básica de cálculo. Kelvin e o irmão conseguiram usar esse método para criar um "sintetizador harmônico" que podia produzir uma tábua de marés anual em quatro horas. Mas eles nunca conseguiram superar as dificuldades mecânicas de reunir vários desses equipamentos para resolver equações com muitas variáveis.

Esse desafio de reunir múltiplos integradores só foi superado em 1931, quando um professor de engenharia do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology — MIT), Vannevar (pronuncia-se com final "íver") Bush — guarde este nome, pois ele será um personagem central deste livro —, conseguiu construir o primeiro computador eletromecânico análogo do mundo. Ele chamou sua máquina de Analisador Diferencial. Ela era composta de seis integradores roda-disco, não muito diferentes daqueles usados por Lord Kelvin, que ficavam conectados a várias engrenagens, polias e eixos que eram rotacionados por motores elétricos. Bush foi ajudado pelo fato de estar no MIT, onde havia muitas pessoas que podiam construir e calibrar engenhocas complexas. A máquina resultante, do tamanho de um quarto pequeno, podia resolver equações com até dezoito variáveis independentes. Ao longo da década seguinte, versões do Analisador Diferencial criado por Bush foram montadas no Campo de Provas de Aberdeen, do Exército dos Estados Unidos, em Maryland, na Escola Moore de Engenharia Elétrica, da Universidade da Pensilvânia, e nas universidades de Manchester e de Cambridge, na Inglaterra. Elas se mostraram úteis sobretudo para construir tabelas de tiro para a artilharia — e para treinar e inspirar a próxima geração de pioneiros da computação.

A máquina de Bush, no entanto, não estava destinada a ser um avanço decisivo na história da computação, por ser um equipamento analógico. Na verdade, ela acabou sendo o último suspiro da computação analógica, pelo menos por várias décadas.

Novas abordagens, novas tecnologias e novas teorias começaram a surgir em 1937, exatos cem anos depois de Babbage ter publicado seu artigo sobre a Máquina Analítica. Esse se tornaria um *annus mirabilis* da era do computador, e o resultado seria o triunfo de quatro características, de algum modo inter-relacionadas, que definiriam a computação moderna:

Digital. Uma característica da revolução dos computadores foi o fato de que ela se baseou em computadores digitais, não analógicos. Isso ocorreu por muitas razões, como logo veremos, entre as quais avanços simultâneos na teoria lógica, nos circuitos e nos interruptores eletrônicos que tornaram a abordagem digital mais frutífera do que a analógica. Só em 2010 cientistas da computação, buscando imitar o cérebro humano, começariam a trabalhar de maneira séria em modos de reviver a computação analógica.

Binário. Os computadores modernos não só seriam digitais como o sistema digital que eles adotam seria binário, ou de base 2, o que significa que emprega apenas 0s e 1s em vez de todos os dez dígitos de nosso sistema decimal cotidiano. Como ocorre com muitos conceitos matemáticos, a teoria binária teve Leibniz como pioneiro no final do século XVII. Durante os anos 1940, tornou-se cada vez mais claro que o sistema binário funcionava melhor que outras formas digitais, incluindo o sistema decimal, para desempenhar operações lógicas com o uso de circuitos compostos por interruptores.

Eletrônico. Em meados dos anos 1930, o engenheiro britânico Tommy Flowers foi o pioneiro no uso de válvulas termiônicas que serviam como interruptores em circuitos eletrônicos. Até então, os circuitos haviam trabalhado com chaves mecânicas e eletromecânicas, como os relés eletromagnéticos que eram usados por companhias telefônicas. As válvulas termiônicas haviam sido utilizadas sobretudo para amplificar sinais e não como interruptores. Ao usar componentes eletrônicos como válvulas termiônicas, e mais tarde transístores e microchips, os computadores podiam trabalhar milhares de vezes mais rápido do que máquinas que tinham chaves eletromecânicas.

Propósito geral. Por fim, as máquinas teriam a capacidade de ser programadas e reprogramadas — e até de programar a si mesmas — para vários propósitos. Elas seriam capazes de resolver não apenas uma forma de cálculo matemático, como equações diferenciais, mas podiam lidar com uma multiplicidade de tarefas e de manipulações de símbolos, incluindo palavras, música e imagens, assim como números, atingindo desse modo o potencial que Lady Lovelace havia celebrado ao descrever a Máquina Analítica de Babbage.

A inovação ocorre quando sementes maduras caem em solo fértil. Os grandes avanços de 1937 não tiveram apenas uma causa, mas foram o resultado de uma combinação de capacidades, ideias e necessidades que coincidiram em vários lugares.

Como é frequente acontecer nos anais da invenção, em especial na invenção relacionada à tecnologia da informação, o momento era adequado e havia algo no ar. O desenvolvimento das válvulas termiônicas para a indústria do rádio preparou o caminho para a criação dos circuitos eletrônicos digitais. Isso foi acompanhado por avanços teóricos na lógica que tornaram os circuitos mais úteis. E a marcha foi acelerada pelos tambores da guerra. À medida que as nações começaram a se armar para o conflito iminente, ficou claro que o poder de computação era tão importante quanto o poder de fogo. Os avanços se apoiavam uns nos outros, ocorrendo quase ao mesmo tempo e espontaneamente, em Harvard, no MIT, em Princeton, nos Laboratórios Bell, em um apartamento em Berlim e até, de maneira mais improvável e mais interessante, em um porão de Ames, em Iowa.

Por trás de todos esses avanços havia algumas belas — Ada diria poéticas — descobertas matemáticas. Uma dessas descobertas levou ao conceito formal de um "computador universal", uma máquina de propósito geral que pudesse ser programada para desempenhar qualquer tarefa lógica e simular o comportamento de qualquer outra máquina lógica. O conceito foi moldado primeiro como um experimento mental por um brilhante matemático inglês que teve uma história de vida ao mesmo tempo inspiradora e trágica.

ALAN TURING

Alan Turing teve a criação fria de uma criança nascida nas franjas da decadente pequena nobreza britânica.[1] Sua família havia sido agraciada em 1638 com um título de baronete, que fora transmitido a um de seus sobrinhos. Mas para os filhos mais novos da árvore genealógica, que era o caso do avô, do pai e do próprio Turing, não havia terras e quase não havia riqueza. A maior parte escolheu entrar para áreas como o clero, como seu avô, e para o serviço civil colonial, como seu pai, que trabalhou em serviços administrativos menores em regiões remotas da Índia. Alan foi concebido em Chatrapur, na Índia, e nasceu em 23 de junho de 1912, em Londres, enquanto seus pais passavam uma licença em casa. Quando tinha apenas um ano, seus pais voltaram para a Índia por mais alguns anos e entregaram Alan e seu irmão mais velho para um coronel reformado do Exército e sua esposa, para que os criassem em uma cidade litorânea na costa sul da Inglaterra. "Não sou psicólogo infantil", escreveu mais tarde seu irmão, John, "mas estou certo de que é uma coisa ruim para uma criança de colo ser tirada da família e colocada em um ambiente estranho."[2]

Quando sua mãe voltou, Alan viveu com ela por uns poucos anos e depois, aos treze, foi enviado para um internato. Ele foi para lá em sua bicicleta, tendo levado dois dias para percorrer cerca de cem quilômetros, sozinho. Havia algo intenso na sua solidão, que se refletia em seu gosto por longas caminhadas e passeios de bicicleta. Ele também tinha uma característica, tão comum nos inovadores, que foi descrita de

maneira encantadora por seu biógrafo Andrew Hodges: "Alan tinha problemas para entender onde ficava aquela linha vaga que separava a iniciativa da desobediência".[3]

Em uma recordação pungente, sua mãe descreveu o filho amado:

> Alan tinha ombros largos, constituição forte e era alto, com um queixo proeminente, definido e com cabelos castanhos rebeldes. Seus olhos azul-claros, profundos, eram sua característica mais marcante. O nariz pequeno e um pouco arrebitado e as linhas graciosas de sua boca lhe davam um ar juvenil — às vezes infantil. Isso tanto é verdade que quando ele já tinha passado havia muito dos trinta anos às vezes ainda achavam que ele estava começando a cursar a faculdade. Quanto às vestimentas e aos costumes, ele tinha a tendência ao desleixo. O cabelo normalmente era longo demais, com um cacho que ficava pendente na frente do rosto e que ele jogava para trás com um movimento de cabeça [...]. Ele podia ficar pensativo e sonhando acordado, absorto em seus próprios pensamentos, o que de vez em quando fazia com que parecesse pouco sociável [...]. Havia ocasiões em que sua timidez o levava a ficar por demais constrangido [...]. Na verdade, ele supunha que o isolamento de um monastério medieval lhe seria bastante adequado.[4]

No internato, chamado Sherborne, Alan percebeu que era homossexual. Ele se apaixonou por um colega de classe magro e louro, Christopher Morcom, com quem estudava matemática e discutia filosofia. Mas no inverno antes de se formar, o rapaz morreu de repente, de tuberculose. Turing mais tarde escreveria para a mãe de Morcom: "Eu simplesmente adorava o chão em que ele pisava — algo que nunca tentei disfarçar, lamento dizer".[5] Em uma carta para a própria mãe, Turing parecia se refugiar em sua fé:

> Sinto que irei encontrar Morcom de novo em algum lugar e que lá ainda haverá trabalho para fazermos juntos, como acredito que havia trabalho para fazermos juntos aqui. Agora que fui deixado para fazer isso sozinho, não posso decepcioná-lo. Se tiver êxito, estarei mais apto a fazer companhia a ele do que estou hoje.

Mas a tragédia acabou erodindo a fé religiosa de Turing. Também teve o efeito de deixá-lo ainda mais introspectivo, e ele nunca mais considerou tarefa fácil construir relacionamentos íntimos. Seu tutor escreveu para seus pais na Páscoa de 1927: "Inegavelmente ele não é um garoto 'normal'; não necessariamente pior, mas talvez

menos feliz”.[6]

Em seu último ano em Sherborne, Turing ganhou uma bolsa para frequentar o King’s College, em Cambridge, para onde foi em 1931 a fim de aprender matemática. Um dos três livros que comprou com parte do dinheiro do prêmio foi *The Mathematical Foundation of Quantum Mecanics*, de John von Neumann, um matemático fascinante nascido na Hungria, que, como pioneiro no projeto de computadores, teria uma influência contínua em sua vida. Turing estava particularmente interessado na matemática que era o centro da física quântica, que descreve o modo como os eventos no nível subatômico são governados por probabilidades estatísticas, em vez de seguirem leis que determinam as coisas com certeza. Ele acreditava (pelo menos quando era jovem) que essa incerteza e essa indeterminação no nível subatômico permitiam que os humanos exercitassem o livre-arbítrio — uma característica que, se verdadeira, pareceria distingui-los das máquinas. Em outras palavras, o fato de os eventos no nível subatômico não serem predeterminados abre caminho para que nossos pensamentos e ações não sejam predeterminados. Como explicou em uma carta para a mãe de Morcom:

> Antes, na ciência, supunha-se que se tudo fosse conhecido no Universo em um dado momento, então poderíamos predizer como ele seria ao longo de todo o futuro. Essa ideia na verdade se devia ao grande sucesso da previsão astronômica. A ciência mais moderna, no entanto, chegou à conclusão de que quando estamos falando de átomos e de elétrons somos bastante incapazes de saber seu estado exato; e nossos instrumentos são feitos eles próprios de átomos e de elétrons. Assim, a concepção de que seríamos capazes de saber o estado exato do universo deve na realidade ser rompida na pequena escala. Isso significa que a teoria segundo a qual, assim como os eclipses são previsíveis etc., também todas as nossas ações devem ser, é igualmente frustrada. Temos uma vontade que é capaz de determinar a ação dos átomos talvez em uma pequena porção do cérebro, ou possivelmente em todo ele.[7]

Pelo resto de sua vida, Turing enfrentaria a questão sobre se a mente humana era fundamentalmente diferente de uma máquina determinística, e ele aos poucos chegaria à conclusão de que a distinção era menos clara do que imaginava.

Turing também intuía que, assim como a incerteza permeava o mundo subatômico, havia problemas matemáticos que não podiam ser resolvidos em termos mecânicos e que estavam fadados a ficar sob uma capa de indeterminação. Na época, matemáticos estavam intensamente concentrados em questões relativas à completude e à consistência de sistemas lógicos, em parte devido à influência de David Hilbert, o gênio de Göttingen que, entre outras descobertas, inventou a formulação matemática

da teoria da relatividade geral ao mesmo tempo que Einstein.

Em uma conferência de 1928, Hilbert expôs três questões fundamentais sobre qualquer sistema formal de matemática: 1) Seu conjunto de regras era completo, de modo que qualquer afirmação pudesse ser provada (ou provada falsa) usando apenas as regras do sistema?; 2) Ele era consistente, de modo que nenhuma afirmação pudesse ao mesmo tempo ser provada como verdadeira e como falsa?; 3) Existia algum procedimento que pudesse determinar se uma afirmação específica era comprovável, em vez de permitir a possibilidade de que algumas afirmações (a exemplo de enigmas duradouros da matemática como o último teorema de Fermat,[a] a conjectura de Goldbach[b] ou a conjectura de Collatz[c] ficassem fadadas a permanecer em um limbo de indecisão? Hilbert pensava que a resposta para as primeiras duas questões era sim, deixando a terceira aberta ao debate. Ele dizia isso de maneira simples: "Não há problemas insolúveis".

Dentro de três anos, o lógico austríaco Kurt Gödel, que então tinha 25 anos e morava com a mãe em Viena, respondeu às duas primeiras questões de maneira inesperada: não e não. Em seu "teorema da incompletude", ele demonstrou que existiam afirmações que não podiam ser comprovadas como verdadeiras nem como falsas. Entre elas, para simplificar ao máximo, estavam aquelas que continham afirmações autorreferentes como "Esta afirmação não pode ser comprovada". Se a afirmação é verdadeira, então ela decreta que não temos como comprovar sua verdade; se é falsa, também leva a uma falsa contradição. É um pouco como o "paradoxo do mentiroso" da Grécia antiga, em que a verdade da afirmação "Esta afirmação é falsa" não pode ser determinada. (Se a afirmação for verdadeira, então ela também é falsa, e vice-versa.)

Ao demonstrar que havia afirmações que não podiam ser comprovadas como verdadeiras nem como falsas, Gödel mostrou que qualquer sistema formal poderoso o suficiente para expressar a matemática comum era incompleto. Ele também foi capaz de produzir um teorema associado à sua teoria que efetivamente respondia com um não à segunda questão de Hilbert.

Isso deixava em aberto a terceira das questões de Hilbert, aquela sobre a possibilidade de decisão, ou, como Hilbert a chamava, o *Entscheidungsproblem* ou "problema da decisão". Embora Gödel tivesse mostrado algumas afirmações que não pudessem ser comprovadas como verdadeiras nem como falsas, talvez essa estranha classe de afirmações pudesse ser de algum modo identificada e isolada, deixando o restante do sistema completo e consistente. Isso exigiria que descobríssemos algum método para *decidir* se uma afirmação era passível de comprovação. Quando o grande professor de matemática de Cambridge Max Newman instruiu Turing sobre as questões de Hilbert, o modo como ele expressou o *Entscheidungsproblem* foi este: existe algum "processo mecânico" que possa ser usado para determinar se uma afirmação lógica específica é comprovável?

Turing gostou do conceito de um "processo mecânico". Um dia no verão de

1935, ele saiu para sua costumeira corrida ao longo do rio Ely, e depois de alguns quilômetros parou para descansar entre as macieiras de Grantchester Meadows para refletir sobre uma ideia. Ele pensaria na noção de "processo mecânico" literalmente, bolando um processo mecânico — uma máquina imaginária — e usando-a no problema.[8]

A "Máquina Lógica de Computação" que ele vislumbrou (como um experimento mental, não como uma máquina real a ser construída) era bastante simples à primeira vista, mas podia lidar, em teoria, com qualquer computação matemática. Ela consistia em uma quantidade ilimitada de fita de papel contendo símbolos dentro de quadrados; no mais simples exemplo binário, esses símbolos podiam ser apenas um 1 e um espaço. A máquina seria capaz de ler os símbolos da fita e de desempenhar certas ações com base em uma "tabela de instruções" que lhe seria fornecida.[9]

A tabela de instruções diria à máquina o que fazer com base na configuração em que estivesse e no símbolo que aparecesse, se é que haveria algum, no quadrado. Por exemplo, a tabela de instruções para uma tarefa específica podia determinar que se a máquina estivesse na configuração 1 e visse um 1 no quadrado, ela deveria ir um quadrado para a direita e passar para a configuração 2. De maneira algo surpreendente, para nós, se não para Turing, essa máquina, se recebesse a tabela de instruções adequada, podia realizar qualquer tarefa matemática, não importando sua complexidade.

Como essa máquina imaginária poderia responder à terceira questão de Hilbert, o problema da decisão? Turing abordou o problema sofisticando o conceito de "números computáveis". Qualquer número real que fosse definido por uma regra matemática podia ser calculado pela Máquina Lógica de Computação. Mesmo um número irracional como π podia ser calculado indefinidamente usando-se uma tabela finita de instruções. O mesmo valia para o logaritmo de 7, ou para a raiz quadrada de 2, ou a sequência de números de Bernoulli para a qual Ada Lovelace havia ajudado a produzir um algoritmo, ou qualquer outra série de números, não importando o quanto sua computação fosse desafiadora, desde que o seu cálculo fosse definido por um conjunto finito de regras. Todos esses eram, no jargão de Turing, "números computáveis".

Turing foi em frente para demonstrar que também havia números *não* computáveis. Isso estava relacionado com o que ele chamava de "problema da parada". Não podia existir método, ele demonstrou, que determinasse por antecipação se uma determinada tabela de instrução combinada com qualquer conjunto determinado de dados iria levar a máquina a chegar a uma resposta, ou a ir em direção a algum loop e a continuar dando voltas indefinidamente, sem chegar a lugar nenhum. O fato de o problema da parada ser insolúvel, ele demonstrou, significava que o problema da decisão de Hilbert, o *Entscheidungsproblem*, era insolúvel. Ao contrário do que Hilbert parecia esperar, não havia procedimento mecânico que pudesse determinar a

possibilidade de comprovação de todas as afirmações matemáticas. A teoria da incompletude de Gödel, a indeterminação da mecânica quântica e a resposta de Turing ao terceiro desafio de Hilbert foram todos golpes na ideia de um universo mecânico, determinístico e previsível.

O artigo de Turing foi publicado em 1937 com o título um tanto sisudo de "On Computable Numbers, with an Application to the *Entscheidungsproblem*" [Sobre números computáveis, com uma aplicação ao *Entscheidungsproblem*]. A resposta dele à terceira questão de Hilbert foi útil para o desenvolvimento da teoria matemática. Mas muito mais importante foi o subproduto da prova de Turing: seu conceito de uma Máquina Lógica de Computação, que logo passou a ser conhecida como máquina de Turing. "É possível inventar uma única máquina que pode ser usada para computar qualquer sequência computável", ele afirmou.[10] Essa máquina seria capaz de ler as instruções de qualquer outra máquina e de desempenhar qualquer tarefa que essa outra máquina pudesse desempenhar. Em essência, ela dava corpo ao sonho de Charles Babbage e de Ada Lovelace de uma máquina universal de propósito totalmente geral.

Uma solução diferente e menos bela para o *Entscheidungsproblem*, com o ainda mais desajeitado nome de "cálculo lambda não tipado", havia sido publicada antes naquele mesmo ano por Alonzo Church, matemático de Princeton. O professor de Turing, Max Newman, decidiu que seria útil para Turing ir estudar com Church. Em sua carta de recomendação, Newman descreveu o enorme potencial de seu aluno. Também acrescentou um pedido mais pessoal, com base na personalidade de Turing: "Ele tem trabalhado sem qualquer supervisão ou crítica de qualquer pessoa", Newman escreveu. "Isso torna ainda mais importante que ele entre em contato o mais cedo possível com aqueles que são referência nessa área, de modo que não venha a se tornar um solitário irremediável."[11]

Turing tinha mesmo uma tendência à solidão. Sua homossexualidade fazia com que às vezes ele se sentisse um estranho; ele vivia sozinho e evitava compromissos pessoais significativos. Em determinado momento, pediu uma colega em casamento, mas depois se sentiu obrigado a dizer a ela que era gay; a moça se manteve imperturbável e ainda continuou disposta a se casar, porém ele acreditava que a união seria uma fraude e decidiu não levá-la adiante. Mesmo assim, não se tornou um "solitário irremediável". Aprendeu a trabalhar como parte de uma equipe, com colaboradores, o que foi fundamental para permitir que suas teorias abstratas se transformassem em invenções reais e tangíveis.

Em setembro de 1936, enquanto esperava que seu artigo fosse publicado, o candidato ao doutorado de 24 anos navegou para os Estados Unidos a bordo da terceira classe do envelhecido transatlântico *rms Berengaria*, levando com ele um sextante de latão de estimação. Seu gabinete em Princeton ficava no prédio do Departamento de Matemática, que também havia abrigado o Instituto de Estudos Avançados, onde Einstein, Gödel e Von Neumann trabalhavam. O culto e altamente

sociável Von Neumann tinha mostrado um interesse especial pelo trabalho de Turing, apesar de suas personalidades muito diferentes.

As mudanças sísmicas e os avanços simultâneos de 1937 não foram diretamente causados pela publicação do artigo de Turing. Na verdade, o texto de início recebeu pouca atenção. Turing pediu à mãe que mandasse reimpressões dele para o filósofo matemático Bertrand Russell e para uma dúzia de outros acadêmicos famosos, mas a única resenha importante foi feita por Alonzo Church, que podia se sentir lisonjeado por ter chegado antes de Turing à solução do problema da decisão de Hilbert. Church não foi apenas generoso; ele inventou o termo "máquina de Turing" para designar aquilo que o jovem havia chamado de Máquina Lógica de Computação. Assim, aos 24 anos, o nome de Turing foi gravado de maneira indelével em um dos mais importantes conceitos da era digital.[12]

CLAUDE SHANNON E GEORGE STIBITZ NOS LABORATÓRIOS BELL

Houve outro avanço teórico seminal em 1937, semelhante ao de Turing no fato de também ser um experimento puramente mental. Trata-se do trabalho de um estudante de pós-graduação do MIT chamado Claude Shannon, que entregou naquele ano a dissertação de mestrado mais influente de todos os tempos, um artigo que a *Scientific American* mais tarde chamou de "a Constituição da Era da Informação".[13]

Shannon cresceu em uma pequena cidade de Michigan, onde construiu aeromodelos e equipamentos de radioamadorismo, e depois cursou faculdade de engenharia elétrica e de matemática na Universidade de Michigan. No seu último ano, ele respondeu a um anúncio de emprego no quadro de avisos da universidade que oferecia uma vaga no MIT para trabalhar com Vannevar Bush e ajudar a operar o Analisador Diferencial. Shannon conseguiu o emprego e ficou hipnotizado com a máquina — não tanto pelas varetas, polias e rodas que formavam os componentes analógicos quanto pelos relés eletromagnéticos que operavam como interruptores e que eram parte de seu circuito de controle. À medida que sinais elétricos levavam os relés a abrir e fechar, os interruptores criavam diferentes padrões de circuito.

Durante o verão de 1937, Shannon deixou por algum tempo o MIT e foi trabalhar nos Laboratórios Bell, instituição de pesquisa administrada pela AT&T. Localizado em Manhattan à beira do rio Hudson, no Greenwich Village, o laboratório era um refúgio onde ideias eram transformadas em invenções. Lá, teorias abstratas se encontravam com problemas práticos, e nos corredores e nas lanchonetes teóricos excêntricos se misturavam com engenheiros que botavam a mão na massa, mecânicos de dedos nodosos e administradores do tipo solucionadores de problemas, incentivando a fertilização da teoria pela engenharia e vice-versa. Isso tornava os Laboratórios Bell o arquétipo de uma das bases mais importantes da inovação na era digital, aquilo que o historiador da ciência Peter Galison, de Harvard, chamou de

"zona de intercâmbio". Quando esses profissionais tão diferentes se reuniam, eles aprendiam a encontrar uma linguagem comum para trocar ideias e informações.[14]

Nos Laboratórios Bell, Shannon viu de perto a complexidade dos circuitos de sistemas telefônicos, que usavam comutadores elétricos para direcionar as chamadas e equilibrar cargas. Mentalmente, começou a fazer conexões entre o funcionamento desses circuitos e outro tema que considerava fascinante, a álgebra formulada noventa anos antes pelo matemático britânico George Boole. Boole revolucionou a lógica ao descobrir maneiras de expressar afirmações lógicas usando símbolos algébricos e equações. Empregando um sistema binário, ele deu a proposições verdadeiras o valor 1 e a proposições falsas o valor 0. Um conjunto de operações lógicas básicas — tais como *e*, *ou*, *não*, *ou/ou* e *se/então* — podia então ser realizado a partir dessas proposições, como se se tratasse de equações matemáticas. Shannon imaginou que circuitos elétricos podiam realizar essas operações lógicas de álgebra booliana usando-se uma combinação de interruptores. Para desempenhar uma função *e*, por exemplo, dois interruptores podiam ser colocados em sequência, de modo que ambos tivessem de estar ligados para que a eletricidade fluísse. Para desempenhar uma função *ou*, os interruptores podiam estar em paralelo, de modo que a eletricidade fluísse se qualquer um deles estivesse ligado. Em outras palavras, você podia projetar um circuito que contivesse vários relés e portas lógicas que pudessem desempenhar, passo a passo, uma sequência de tarefas lógicas.

(Um "relé" é simplesmente um interruptor que pode ser aberto ou fechado eletricamente, como pelo uso de eletromagnetos. Os que abrem e fecham são às vezes chamados de eletromecânicos por terem partes móveis. Válvulas termiônicas e transístores também podem ser usados como interruptores em um circuito elétrico; eles são chamados de eletrônicos por manipularem o fluxo de elétrons, mas por não exigirem o movimento de quaisquer partes físicas. Uma "porta lógica" é uma chave que pode receber um ou mais sinais lógicos de entrada. Por exemplo, no caso de dois sinais lógicos, uma porta lógica *e* é ligada se *ambos* os sinais estiverem ligados, e uma porta lógica *ou* é ligada caso *qualquer um* dos sinais estiver funcionando. O insight de Shannon foi que isso podia ser usado em circuitos que podiam executar as tarefas da álgebra lógica de Boole.)

Quando Shannon voltou para o MIT no outono, Bush ficou fascinado com suas ideias e insistiu que ele as incluísse em sua dissertação de mestrado. Intitulada "A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits" [Uma análise simbólica do relé e da comutação de circuitos], ela demonstrava como cada uma das muitas funções da álgebra de Boole podia ser executada. "É possível realizar operações matemáticas complexas usando circuitos de relés", ele resumia ao fim do trabalho.[15] Esse se tornou o conceito básico por trás de todos os computadores digitais.

As ideias de Shannon intrigaram Turing por estarem relacionadas de perto ao conceito que ele mesmo havia acabado de publicar de uma máquina universal que pudesse usar instruções simples, expressas em código binário, para resolver

problemas não apenas de matemática, mas de lógica. Além disso, uma vez que a lógica se relacionava com o modo como os seres humanos pensam, uma máquina que desempenhasse tarefas lógicas podia, em teoria, imitar o modo de pensamento humano.

Nessa mesma época, estava trabalhando nos Laboratórios Bell um matemático chamado George Stibitz, cujo trabalho era descobrir modos de lidar com cálculos cada vez mais complicados que os engenheiros de telefonia necessitavam. As únicas ferramentas de que Stibitz dispunha eram calculadoras mecânicas de mesa, e assim ele se dispôs a inventar algo melhor com base no insight de Shannon de que circuitos elétricos podiam realizar tarefas matemáticas e lógicas. Em uma noite de novembro, já tarde, ele foi ao almoxarifado e pegou alguns relés eletromagnéticos e algumas lâmpadas velhas. Na mesa de sua cozinha, juntou as partes com uma lata de tabaco e umas poucas chaves para formar um circuito lógico simples que podia somar números binários. Uma lâmpada acesa representava 1, e uma lâmpada apagada representava 0. Sua esposa chamou aquilo de "Modelo K", por ter sido feito em uma mesa de cozinha.[d] Ele levou a máquina para o escritório no dia seguinte e tentou convencer os colegas de que, com relés suficientes, podia construir uma máquina de calcular.

Uma missão importante dos Laboratórios Bell era descobrir modos de amplificar um sinal de telefone em longas distâncias e ao mesmo tempo filtrar a estática. Os engenheiros tinham fórmulas que lidavam com a amplitude e com a fase do sinal, e as soluções das equações deles às vezes envolviam números complexos (aqueles que incluem uma unidade imaginária que representa a raiz quadrada de um número negativo). Stibitz foi sondado por seu supervisor, que quis saber se a máquina que ele estava propondo podia lidar com números complexos. Quando ele disse que sim, foi designada uma equipe para ajudá-lo a construir a máquina. A Calculadora de Números Complexos, como foi chamada, foi completada em 1939. Tinha mais de quatrocentos relés, e cada um deles podia abrir e fechar mais de vinte vezes por segundo. Isso a tornava ao mesmo tempo muitíssimo mais rápida do que as calculadoras mecânicas e dolorosamente mais desajeitada do que os circuitos com válvulas termiônicas que estavam sendo inventados. O computador de Stibitz não era programável, mas mostrou o potencial de um circuito de relés para realizar matemática binária, processar informação e trabalhar com procedimentos lógicos.[16]

HOWARD AIKEN

Também em 1937, um estudante de doutorado em Harvard chamado Howard Aiken estava se esforçando para fazer cálculos tediosos para sua tese de física usando uma máquina de somar. Quando ele fez lobby para que a universidade construísse um

computador mais sofisticado para realizar o trabalho, seu chefe de departamento mencionou que no sótão do centro de ciências de Harvard havia umas rodas de latão de um equipamento construído um século antes e que parecia ser semelhante àquilo que ele queria. Quando Aiken explorou o aposento, descobriu um dos seis modelos de demonstração da Máquina Diferencial de Charles Babbage, que o filho deste, Henry, havia feito e distribuído. Aiken ficou fascinado por Babbage e levou o conjunto de rodas de latão para seu gabinete. "Sem dúvida, tínhamos duas das rodas de Babbage", ele se lembraria. "Aquelas foram as rodas que mais tarde montei e coloquei no corpo do computador."[17]

Naquele outono, no momento em que Stibitz estava preparando demonstração na mesa de sua cozinha, Aiken escreveu um memorando de 22 páginas para seus superiores em Harvard e para executivos da IBM, argumentando que eles deviam financiar uma versão moderna da máquina digital de Babbage. "O desejo de economizar tempo e esforço mental em computações aritméticas, e de eliminar a capacidade humana de errar, é talvez tão velho quanto a própria ciência da aritmética", dizia o início de seu memorando.[18]

Aiken havia crescido em Indiana em circunstâncias difíceis. Aos doze anos, usava um atiçador de lareira para defender a mãe do pai bêbado e violento, que depois abandonou a família à própria sorte. Assim, o jovem Howard deixou de cursar a nona série para ajudar a sustentar família, trabalhando como instalador de telefones, e mais tarde conseguiu um emprego noturno na empresa local de eletricidade a fim de frequentar uma escola técnica durante o dia. Ele construiu o próprio caminho para o sucesso, mas no processo se transformou em um capataz de temperamento explosivo, uma pessoa descrita como alguém que lembrava a chegada de uma tempestade.[19]

Harvard tinha dúvidas sobre construir a máquina de calcular proposta por Aiken e sobre a possibilidade de que ele pudesse ganhar uma vaga por causa de um projeto que parecia ser mais prático do que acadêmico. (Em certos círculos do clube de professores da universidade, chamar alguém de prático em vez de acadêmico era considerado um insulto.) Aiken recebeu o apoio do reitor James Bryant Conant, que, como presidente do Comitê Nacional de Pesquisa de Defesa, gostava de posicionar Harvard como parte do triângulo envolvendo academia, indústria e Forças Armadas. Seu Departamento de Física, porém, era mais purista. O chefe do departamento escreveu para Conant em dezembro de 1939, dizendo que a máquina era "desejável se o dinheiro puder ser encontrado, mas não necessariamente mais desejável do que qualquer outra coisa", e um comitê de professores disse, ao se referir a Aiken, que "era preciso deixar bem claro para ele que essa atividade não aumenta suas chances de promoção para um cargo de professor". No fim, a vontade de Conant prevaleceu e ele autorizou Aiken a construir sua máquina.[20]

Em abril de 1941, quando a IBM estava construindo o Mark I de acordo com as especificações de Aiken em seu laboratório em Endicott, em Nova York, ele deixou

Harvard para servir na Marinha norte-americana. Durante dois anos atuou como professor, com a patente de capitão de corveta, na Escola Naval de Guerra de Minas em Virgínia. Um colega o descreveu como "armado até os dentes com fórmulas enormes e teorias típicas de Harvard".[21] Ele gastava boa parte do tempo pensando no Mark I e fazia visitas ocasionais a Endicott usando seu uniforme completo.[22]

Seu trabalho como militar teve uma grande recompensa: no início de 1944, quando a IBM estava se preparando para enviar o Mark I completo para Harvard, Aiken conseguiu convencer a Marinha de que ele devia ter autoridade sobre a máquina e ser designado como o oficial responsável por ela. Isso o ajudou a driblar a burocracia acadêmica da universidade, que ainda resistia em dar a ele uma vaga. O Laboratório de Computação de Harvard se tornou, na época, uma unidade naval, e toda a equipe de Aiken era formada por pessoal da Marinha que usava uniforme para trabalhar. Ele os chamava de "tripulação", eles o chamavam de "comandante", e o Mark I era chamado de "ela", como se se tratasse de um navio.[23]

O Mark I de Harvard usava várias das ideias de Babbage. Era digital, embora não fosse binário; suas rodas tinham dez posições. Junto com um eixo de quinze metros havia 72 contatores que podiam armazenar números de até 23 dígitos, e o produto final de cinco toneladas tinha 24 metros de comprimento e quinze de largura. O eixo e outras partes móveis eram ligados eletronicamente. Mas ele era lento. Em lugar de relés eletromagnéticos, tinha relés mecânicos que eram abertos e fechados por motores elétricos. Isso significava que a máquina levava cerca de seis segundos para resolver um problema de multiplicação, quando a máquina de Stibitz levava um segundo. No entanto, o Mark I apresentava uma característica impressionante que se tornaria parte fundamental dos computadores modernos: era totalmente automático. Os programas e os dados eram inseridos por meio de fita de papel, e ele podia operar durante dias sem qualquer intervenção humana. Isso permitiu a Aiken dizer que aquele era o "sonho de Babbage realizado".[24]

KONRAD ZUSE

Embora não soubessem disso, todos esses pioneiros estavam sendo derrotados em 1937 por um engenheiro alemão que trabalhava no apartamento de seus pais. Konrad Zuse estava terminando o protótipo de uma calculadora que era binária e que podia ler instruções de uma fita perfurada. No entanto, pelo menos em sua primeira versão, chamada de Z1, ela era uma engenhoca mecânica, nem elétrica nem eletrônica.

Assim como muitos pioneiros da era digital, Zuse cresceu fascinado tanto pela arte quanto pela engenharia. Depois de se formar em uma faculdade técnica, ele conseguiu um emprego como analista de estresse em uma companhia de aviação em Berlim, resolvendo equações lineares que incorporavam todo tipo de carga e força e

fatores de elasticidade. Mesmo usando calculadoras mecânicas, era quase impossível que uma pessoa resolvesse, em menos de um dia, mais de seis equações lineares simultâneas com seis variáveis desconhecidas. Se houvesse 25 variáveis, isso poderia levar um ano. De modo que Zuse, como muitos outros, deixou-se levar pelo desejo de mecanizar o processo tedioso de resolver equações matemáticas. Ele converteu a sala de estar de seus pais, em um apartamento próximo ao Aeroporto Tempelhof em Berlim, em oficina.[25]

Na primeira versão de Zuse, os dígitos binários eram armazenados usando-se pratos finos de metal com ranhuras e pinos, que ele e seus amigos fizeram usando uma serra. De início ele perfurava papel para inserir dados e programas, mas logo passou a usar filmes de 35 milímetros descartados, que não só eram mais resistentes como também mais baratos. Sua Z1 foi completada em 1938, e era capaz de resolver alguns problemas, embora não de modo muito confiável. Todos os componentes haviam sido feitos à mão e tendiam a apresentar obstruções. Ele estava em desvantagem por não se encontrar em um lugar como os Laboratórios Bell e por não ter uma parceria como a que havia entre Harvard e a IBM, o que lhe teria permitido contar com uma equipe de engenheiros que pudessem complementar o seu talento.

A Z1, no entanto, de fato demonstrou que o conceito lógico que Zuse havia projetado funcionava em teoria. Um amigo de faculdade que o estava ajudando, Helmut Schreyer, insistiu que eles deviam fazer uma versão usando válvulas termiônicas eletrônicas em vez de interruptores mecânicos. Se tivessem feito isso de imediato, teriam entrado para a história como os inventores do primeiro computador moderno operacional: binário, eletrônico e programável. Mas Zuse, assim como os experts que ele consultou na escola técnica, desistiram diante dos custos de construir um equipamento com cerca de 2 mil válvulas termiônicas.[26]

Então eles decidiram que na Z2 usariam como interruptores relés eletromecânicos, que eram mais resistentes e mais baratos, embora muito mais lentos, que comprariam de segunda mão da companhia telefônica. O resultado foi um computador que usava relés na unidade aritmética. No entanto, a unidade de memória era mecânica, usando pinos móveis colocados em uma folha de metal.

Em 1939, Zuse começou a trabalhar em um terceiro modelo, o Z3, que usava relés eletromecânicos tanto na unidade aritmética quanto nas unidades de memória e de controle. Quando a máquina ficou pronta, em 1941, tornou-se o primeiro computador totalmente operacional de propósito geral, programável e digital. Mesmo não tendo uma maneira direta de lidar com saltos condicionais e com lógica condicional nos programas, ela em teoria podia funcionar como uma máquina de Turing universal. A principal diferença em relação a computadores eletrônicos posteriores era o fato de usar os desajeitados relés eletromagnéticos em vez de componentes eletrônicos, como válvulas termiônicas ou transístores.

Schreyer, o amigo de Zuse, escreveu uma tese de doutorado intitulada *O relé e as técnicas de comutação*, que defendia o uso de válvulas termiônicas para construir

um computador poderoso e rápido. Mas quando ele e Zuse propuseram isso ao Exército alemão, em 1942, os comandantes disseram estar confiantes que iriam ganhar a guerra em menos de dois anos, o prazo necessário para construir uma máquina como aquela.[27] Eles estavam mais interessados em construir armas do que computadores. Como resultado, Zuse deixou de lado o trabalho na sua máquina e recebeu a tarefa de voltar a projetar aviões. Em 1943, seus computadores e projetos foram destruídos no bombardeiro dos Aliados a Berlim.

Zuse e Stibitz, trabalhando separados, tinham chegado à conclusão de que era possível usar interruptores de relés para construir circuitos que pudessem realizar computações binárias. Como eles desenvolveram essa ideia ao mesmo tempo, quando a guerra manteve as equipes dos dois isoladas uma da outra? A resposta, pelo menos em parte, é que os avanços na tecnologia e na teoria tinham amadurecido o momento. Junto com muitos outros inovadores, Zuse e Stibitz estavam familiarizados com o uso de relés em circuitos de telefonia, e fazia sentido ligar isso a operações binárias de matemática e de lógica. Do mesmo modo, Shannon, que também estava bastante familiarizado com circuitos telefônicos, deu o salto teórico correspondente, afirmando que circuitos eletrônicos contendo interruptores binários seriam capazes de realizar as tarefas lógicas da álgebra booliana. A ideia de que circuitos digitais seriam a chave para a computação estava rapidamente ficando clara para pesquisadores de quase todas as partes, mesmo em lugares isolados como o interior de Iowa.

JOHN VINCENT ATANASOFF

Longe tanto de Zuse quanto de Stibitz, outro inventor também estava fazendo experimentos com circuitos digitais em 1937. Trabalhando em um porão em Iowa, ele faria a próxima inovação histórica: construir um equipamento de cálculo que, pelo menos em parte, usava válvulas termiônicas. De certa maneira, sua máquina era menos avançada do que as outras. Não era programável e nem multipropósito; em vez de ser totalmente eletrônica, tinha alguns componentes mecânicos móveis; e apesar de ele ter construído um modelo que era capaz de funcionar na teoria, não conseguiu de fato fazer com que a coisa fosse operacional de modo confiável. No entanto, John Vincent Atanasoff, chamado de Vincent pela mulher e pelos amigos, merece o crédito de ter sido o pioneiro na concepção do primeiro computador digital parcialmente eletrônico, e ele fez isso depois de ter tido uma inspiração durante uma noite em que fez um longo passeio de carro em alta velocidade em dezembro de 1937.[28]

Atanasoff nasceu em 1903, o mais velho de sete filhos de um imigrante búlgaro e de uma mulher que era descendente de uma das mais antigas famílias da Nova Inglaterra. Seu pai trabalhava como engenheiro em uma fábrica de Nova Jersey administrada por Thomas Edison e depois se mudou para uma cidade na área rural da

Flórida ao sul de Tampa. Aos nove anos, Vincent ajudou-o a instalar eletricidade na casa deles na Flórida, e o pai lhe deu uma régua de cálculo Dietzgen. "Aquela régua de cálculo era a minha vida", ele se lembraria.[29] Ainda novo, ele mergulhou no estudo de logaritmos com um entusiasmo que parece um pouco esquisito mesmo quando contado em tom sério: "Você consegue imaginar como um menino de nove anos, com beisebol na cabeça, pode ser transformado por esse conhecimento? O beisebol ficou reduzido a quase zero enquanto os logaritmos eram estudados com o maior interesse". Durante o verão, Vincent calculou o logaritmo de 5 na base *e*, e depois, com a ajuda da mãe (ela já havia sido professora de matemática), aprendeu cálculo quando ainda estava no ginasial. Seu pai o levou à fábrica de fosfato onde trabalhava como engenheiro elétrico, mostrando a ele como funcionavam os geradores. Diferente, criativo e brilhante, o jovem Vincent terminou o ensino médio em dois anos, conseguindo nota máxima em todas as matérias, mesmo frequentando o dobro de aulas dos outros alunos.

Na Universidade da Flórida ele estudou engenharia elétrica e mostrou vocação para a prática da profissão, passando a maior parte do tempo na oficina mecânica e na fundição da universidade. Também continuou fascinado pela matemática e no seu ano de calouro estudou uma prova que envolvia aritmética binária. Criativo e autoconfiante, formou-se com a maior média de notas de sua época. Vincent aceitou uma bolsa para continuar com o trabalho do mestrado em matemática e física na Universidade Estadual de Iowa e, mesmo tendo sido aceito depois em Harvard, continuou firme em sua decisão de ir para a cidade de Ames, no Cinturão do Milho.

Atanasoff fez o doutorado em física na Universidade de Wisconsin, onde teve a mesma experiência que outros pioneiros da computação, começando com Babbage. Seu trabalho, sobre como o hélio pode ser polarizado em um campo elétrico, envolvia cálculos tediosos. Enquanto lutava para resolver a matemática usando uma máquina de somar de mesa, ele sonhava com meios de inventar uma calculadora que pudesse fazer uma parte maior do trabalho. Depois de voltar para a Universidade Estadual de Iowa em 1930 como professor assistente, ele decidiu que sua formação como engenheiro eletricista, matemático e físico lhe dava a competência para a tarefa.

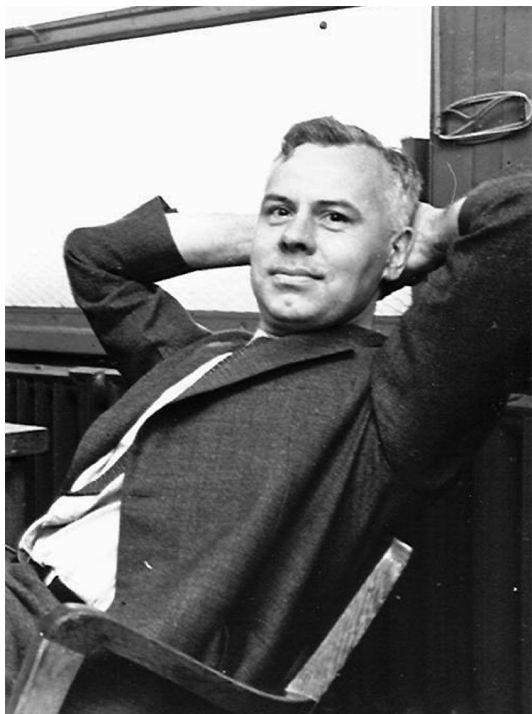
Sua decisão de não permanecer no Wisconsin ou de não ir para Harvard ou para outra grande universidade de pesquisa teve uma consequência. Na Universidade Estadual de Iowa, onde ninguém mais estava buscando meios de construir novas calculadoras, Atanasoff trabalhava sozinho. Podia ter ideias novas, mas não tinha à sua volta pessoas que pudessem avaliá-las ou ajudá-lo a superar desafios teóricos ou de engenharia. Ao contrário da maior parte dos inovadores da era digital, ele era um inventor solitário, e suas inspirações surgiam durante passeios de carro e em discussões com um assistente que fazia pós-graduação. No final, isso se mostraria uma desvantagem.

De início Atanasoff pensou em construir um dispositivo analógico; seu amor por réguas de cálculo o levou a tentar inventar uma versão de tamanho gigante

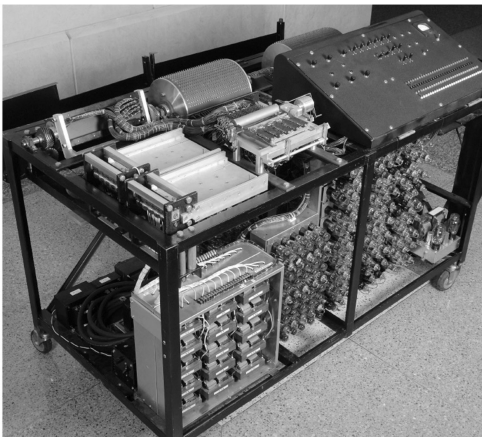
usando longas tiras de filme. Mas ele percebeu que o filme teria de ter centenas de metros de comprimento para resolver equações algébricas lineares com um grau de precisão que atendesse a suas necessidades. Ele também construiu uma engenhoca capaz de moldar um volume de parafina para calcular uma equação diferencial parcial. As limitações desses equipamentos analógicos o levaram a se concentrar em criar uma versão digital.

O primeiro problema com que ele se deparou foi como armazenar números em uma máquina. Ele usou o termo *memória* para descrever essa característica.

> Naquela época, eu tinha apenas um conhecimento superficial do trabalho de Babbage e, portanto, não sabia que ele usava a palavra "armazenamento" para o mesmo conceito [...]. Gosto dessa palavra, e talvez, se tivesse sabido disso, eu a tivesse adotado; também gosto de "memória", que tem uma analogia com o cérebro.[30]

Atanasoff analisou uma lista de possíveis dispositivos de memória: pinos mecânicos, relés eletromagnéticos, uma pequena peça de material magnético que pudesse ser polarizada por uma carga elétrica, válvulas termiônicas e um pequeno condensador elétrico. O mais rápido seriam as válvulas termiônicas, mas elas eram caras demais. Ele então optou pelo uso do que chamou de condensadores — o que hoje chamamos de capacitores —, componentes pequenos e baratos que podem armazenar, pelo menos por um breve período, uma carga elétrica. Foi uma decisão compreensível, porém significava que a máquina seria lenta e desajeitada. Mesmo que as somas e as subtrações pudessem ser feitas com velocidade eletrônica, o processo de colocar os números na unidade de memória e de retirá-los de lá reduziria a velocidade àquela do tambor rotativo.

George Stibitz (1904-95), *c*. 1945.

Konrad Zuse (1910-95) com o computador Z4, 1944.

John Atanasoff (1903-95) na Universidade Estadual de Iowa, *c*. 1940.

Reconstrução do computador de Atanasoff.

Depois de ter resolvido a questão da unidade de memória, Atanasoff voltou sua atenção para o modo como deveria construir a unidade de aritmética e de lógica, que chamava de "mecanismo de computação". Ele decidiu que essa unidade deveria ser totalmente eletrônica; isso significava que seriam usadas válvulas termiônicas, mesmo sendo caras. As válvulas atuariam como interruptores para desempenhar a função de portas lógicas em um circuito que podia fazer somas, subtrações e desempenhar funções boolianas.

Isso fez surgir uma questão de matemática teórica do tipo que ele amava desde garoto: seu sistema digital deveria ser decimal, binário ou usar alguma outra base numérica? Verdadeiro entusiasta dos sistemas numéricos, Atanasoff explorou várias opções. "Durante um breve período a base centesimal pareceu promissora", escreveu em um artigo não publicado. "Esse mesmo cálculo mostrou que a base que, em teoria, oferece a maior velocidade de cálculo é a base *e*, a base natural."[31] Mas, confrontando teoria e prática, ele enfim se decidiu pela base 2, o sistema binário. No final de 1937, essas e outras ideias estavam girando em sua cabeça, uma "confusão" de conceitos que não se resolvia.

Atanasoff amava carros; gostava, quando podia, de trocar de carro a cada ano, e

em dezembro de 1937 ele tinha um Ford novo com um potente motor V8. Para relaxar, resolveu dar uma volta naquele que se tornaria um momento digno de nota na história da computação:

> Uma noite no inverno de 1937 meu corpo inteiro estava atormentado pela tentativa de resolver os problemas da máquina. Entrei em meu carro e dirigi em alta velocidade por um bom tempo para equilibrar minhas emoções. Era um hábito meu fazer isso por alguns quilômetros: eu conseguia me controlar me concentrando na direção. Mas naquela noite eu estava atormentado demais e continuei dirigindo até cruzar o rio Mississippi e entrar em Illinois, e isso ficava a uns trezentos quilômetros de onde eu havia partido.[32]

Atanasoff saiu da rodovia e parou em um bar de beira de estrada. Pelo menos em Illinois, ao contrário do que acontecia em Iowa, era possível comprar bebida alcoólica, então ele pediu um bourbon com club soda, e depois mais uma dose. "Percebi que não estava mais tão nervoso e que meus pensamentos se voltavam de novo para máquinas de computação", ele se lembraria. "Não sei por que minha cabeça começou a funcionar naquela hora se não tinha funcionado antes, mas as coisas pareciam boas, tranquilas e quietas." A garçonete era desatenta, e assim Atanasoff conseguiu trabalhar em seu problema sem ser perturbado.[33]

Ele rascunhou suas ideias em um guardanapo de papel, depois começou a pensar em questões práticas. A mais importante era como reativar as cargas nos condensadores, que de outra maneira iriam sumir depois de um minuto ou dois. Surgiu então a ideia de colocá-los em tambores rotativos cilíndricos, com um tamanho semelhante ao das latas de 1,3 litro do suco V8, de modo que eles pudessem entrar em contato uma vez por segundo com cabos semelhantes a escovas e ter suas cargas renovadas. "Nessa noite na taverna, concebi a possibilidade de memória regenerativa", ele afirmou. "Na época, chamei isso de 'ativação'." A cada volta do cilindro rotativo, os cabos iriam ativar a memória dos condensadores e, quando necessário, coletar dados dos condensadores e armazenar novos dados. Atanasoff também inventou uma arquitetura que iria coletar números de dois cilindros diferentes de condensadores e depois usar o circuito de válvulas termiônicas para somar ou subtrair esses números e colocar o resultado na memória. Após algumas horas pensando em tudo isso, ele se lembraria: "Entrei no carro e voltei para casa dirigindo mais devagar".[34]

Em maio de 1939, Atanasoff estava pronto para começar a construção de um protótipo. Ele precisava de um assistente, de preferência um estudante de pós-graduação com experiência em engenharia. "Tenho o sujeito certo para você", um

amigo da faculdade disse a ele um dia. Assim, ele fechou uma parceria com outro filho de um engenheiro elétrico autodidata, Clifford Berry.[35]

A máquina foi projetada e teve sua estrutura elétrica planejada com um único propósito: resolver equações lineares simultâneas. Ela podia trabalhar com até 29 variáveis. A cada passo, a máquina de Atanasoff processaria duas equações lineares e eliminaria uma das variáveis, então imprimiria o resultado das equações em cartões perfurados binários de 8 × 11. Esse conjunto de cartões com a equação mais simples era então inserido de volta na máquina para que o processo recomeçasse, eliminando mais uma variável. O processo levava certo tempo. A máquina gastaria (se conseguisse fazer o trabalho de maneira apropriada) quase uma semana para completar um conjunto de 29 equações. Ainda assim, humanos fazendo o mesmo processo em calculadoras de mesa levariam pelo menos dez semanas.

Atanasoff demonstrou um protótipo no final de 1939 e, esperando obter financiamento para construir uma máquina em escala completa, digitou uma proposta de 35 páginas, usando papel-carbono para fazer algumas cópias. "O principal objetivo deste artigo é apresentar uma descrição e uma exposição de uma máquina de computação que foi projetada sobretudo para resolver grandes sistemas de equações algébricas lineares", começava o texto. Como se estivesse tentando afastar a crítica de que esse era um propósito limitado para uma máquina de grande porte, Atanasoff especificava uma longa lista de problemas que exigiam que equações como essas fossem resolvidas: "Ajustes de curvas [...] problemas de vibração [...] análises de circuitos elétricos [...] estruturas elásticas". Ele encerrava a proposta com uma lista detalhada dos gastos sugeridos, que chegavam à vultosa quantia de 5330 dólares, valor que ele acabou conseguindo de uma fundação privada.[36] Então, enviou uma das cópias em carbono de sua proposta para um advogado de patentes em Chicago que trabalhava para a Universidade Estadual de Iowa, que, em uma falha de conduta que causaria décadas de controvérsia histórica e legal, nunca fez um pedido formal de patente.

Em setembro de 1942, o modelo completo de Atanasoff estava quase pronto. Do tamanho de uma mesa, continha cerca de trezentas válvulas termiônicas. Havia, entretanto, um problema: o mecanismo que deveria usar faíscas para perfurar os cartões nunca funcionava direito, e não existiam equipes de mecânicos e de engenheiros na Universidade Estadual de Iowa a quem ele pudesse pedir ajuda.

A essa altura, o trabalho foi interrompido. Atanasoff foi convocado e enviado para o laboratório de artilharia da Marinha em Washington D. C., onde trabalhou em minas acústicas e onde mais tarde participou dos testes de bomba atômica no atol de Bikini. Mudando seu foco de computadores para engenharia de artilharia, ele continuou sendo um inventor, obtendo trinta patentes, incluindo a de um equipamento que detectava minas. O advogado de Chicago, contudo, nunca pediu a

patente de seu computador, e Atanasoff depois de um tempo deixou o assunto de lado.

O computador de Atanasoff poderia ter sido um marco importante, mas foi, tanto literal quanto figuradamente, relegado à lixeira da história. A máquina quase operacional foi colocada num armazém no porão do prédio de física da Universidade Estadual de Iowa, e alguns anos mais tarde ninguém parecia se lembrar do que ela fazia. Quando o espaço foi solicitado para outros usos em 1948, um estudante de pós-graduação desmontou o equipamento, sem saber o que era aquilo, e descartou a maior parte das peças.[37] Muitas das primeiras histórias da era dos computadores nem sequer mencionam Atanasoff.

Ainda que tivesse funcionado de modo adequado, a máquina tinha limitações. O circuito de válvulas termiônicas fazia cálculos rapidíssimos, mas as unidades de memória rotacionadas mecanicamente desaceleravam o processo. O mesmo ocorria com o sistema de perfuração dos cartões, até quando ele funcionava. Para ser de fato rápidos, os computadores modernos teriam de ser *totalmente* eletrônicos, não apenas em parte. E o modelo de Atanasoff também não era programável. Ele estava preparado para fazer apenas uma coisa: resolver equações lineares.

O encanto romântico duradouro da história de Atanasoff vem do fato de ele ter sido um inventor solitário em um porão, tendo como único companheiro o jovem ajudante Clifford Berry. Mas sua história é um indício de que não deveríamos na verdade romantizar esses inventores solitários. Assim como Babbage, que também trabalhou em sua própria pequena oficina com apenas um assistente, Atanasoff nunca conseguiu tornar sua máquina plenamente operacional. Se tivesse estado nos Laboratórios Bell, entre multidões de técnicos, engenheiros e gente encarregada de fazer reparos, ou em uma grande universidade de pesquisa, talvez tivesse sido encontrada uma solução para consertar o leitor de cartões, assim como para as outras partes complicadas de sua engenhoca. Além disso, quando Atanasoff foi chamado para a Marinha em 1942, haveria integrantes da equipe que ficariam no laboratório fazendo os retoques finais, ou pelo menos para lembrar o que estava sendo construído.

O que salvou Atanasoff de ser uma nota de rodapé esquecida na história é um fato de certa forma irônico, dado o ressentimento que o evento lhe causou depois. Foi uma visita que ele recebeu em junho de 1941 de uma dessas pessoas que, em vez de trabalhar em isolamento, adoravam visitar lugares, trocar ideias e trabalhar com equipes. A viagem de John Mauchly para Iowa seria mais tarde objeto de processos judiciais dispendiosos, de acusações amargas e de narrativas conflitantes. Mas foi isso que salvou Atanasoff da obscuridade e levou adiante o curso da história do computador.

JOHN MAUCHLY

No início do século XX, os Estados Unidos desenvolveram, assim como a Grã-Bretanha havia feito antes, uma classe de cavalheiros cientistas que se reuniam em clubes de exploradores que funcionavam em casas aristocráticas e em outros ambientes exclusivos, onde gostavam de trocar ideias, ouvindo palestras e colaborando com projetos. John Mauchly foi criado nesse mundo. Seu pai, um físico, era chefe de pesquisa no Departamento de Magnetismo Terrestre da Carnegie Institution, com sede em Washington, a principal fundação do país para a promoção do avanço e do compartilhamento de pesquisas. Sua especialidade era o registro de condições elétricas na atmosfera e o estabelecimento de relações entre essas condições e o clima, uma tarefa coletiva que envolvia coordenar pesquisadores da Groenlândia ao Peru.[38]

Tendo crescido no subúrbio de Chevy Chase, em Washington, John ficou exposto à crescente comunidade científica da região. "Chevy Chase parecia ter praticamente todos os cientistas de Washington", ele se vangloriava. "O diretor da Divisão de Pesos e Medidas do Bureau de Padrões vivia perto de nós. O mesmo valia para o diretor da Divisão de Rádio." O chefe do Smithsonian também era vizinho. John passou muitas semanas usando uma máquina de somar de mesa para fazer cálculos para seu pai e desenvolveu uma paixão pela meteorologia baseada em dados. Ele também amava circuitos elétricos. Com seus amigos jovens da vizinhança, instalou cabos de intercomunicação que conectavam as casas deles e construiu equipamentos de controle remoto para soltar fogos de artifícios em festas. "Quando eu apertava um botão, os fogos de artifício disparavam a quinze metros de distância." Aos catorze anos, ele estava ganhando dinheiro ajudando moradores do bairro a resolver problemas de eletricidade em suas casas.[39]

Quando era aluno de graduação na Universidade Johns Hopkins, Mauchly se inscreveu em um programa para estudantes excepcionais de modo a ir direto para o programa de doutorado em física. Sua tese versava sobre espectroscopia de banda de luz porque isso combinava beleza, experimentação e teoria. "Você precisava saber um pouco de teoria para descobrir como era o espectro de banda, mas não tinha como fazer isso sem ter as fotografias experimentais desse espectro, e quem vai consegui-las para você?", diria. "Ninguém, só você mesmo. Assim, treinei bastante soprando vidros, criando vácuos, detectando vazamentos etc."[40]

Com sua personalidade envolvente e uma maravilhosa capacidade (e desejo) de explicar as coisas, era natural que Mauchly se tornasse professor. Era difícil conseguir um cargo de professor durante a Depressão, mas ele conseguiu um no Ursinus College, a uma hora de carro da Filadélfia. "Eu era o único professor de física lá", contaria.[41]

Um componente essencial da personalidade de Mauchly era o fato de que ele gostava de compartilhar ideias — em geral com um largo sorriso e muito estilo —, o que o tornava um professor popular. "Ele adorava conversar e parecia desenvolver muitas de suas ideias no toma-lá-dá-cá de um bate-papo", lembraria um colega. "John

adorava eventos sociais, apreciava boa comida e boa bebida. Gostava de mulheres, de pessoas jovens atraentes, dos inteligentes e dos incomuns."[42] Fazer-lhe uma pergunta era perigoso, porque ele podia discursar com seriedade e paixão sobre quase tudo, de teatro à literatura e à física.

Diante da classe, fazia o papel de *showman*. Para explicar o conceito de momento, girava com os braços estendidos e depois os contraía, e, para descrever o conceito de ação e reação ficava de pé sobre patins feitos em casa e ia para a frente e para trás, truque que em determinado ano lhe causou uma queda e uma fratura no braço. As pessoas dirigiam quilômetros para assistir à aula que ele dava no encerramento do semestre antes do Natal, que a faculdade transferiu para seu maior auditório para poder acomodar todos os visitantes. Na aula, Mauchly explicava como a espectrografia e outras ferramentas da física podiam ser usadas para determinar o que havia dentro de um pacote sem ter de abri-lo. De acordo com sua esposa, "ele media o pacote. Ele o pesava. Ele o submergia na água. Ele o cutucava com uma longa agulha".[43]

Refletindo a fascinação que Mauchy sentira na infância pela meteorologia, sua pesquisa se concentrava, no início dos anos 1930, na questão sobre se padrões climáticos de longo alcance se relacionavam com as explosões solares, com as manchas solares e com a rotação do Sol. Os cientistas da Carnegie Institution e do Escritório Meteorológico dos Estados Unidos lhe forneceram dados de vinte anos vindos de duzentas estações, e ele começou a calcular correlações usando equações com múltiplas variáveis. Ele conseguiu (mesmo estando na Depressão) comprar calculadoras de mesa usadas a preço baixo de bancos que estavam com problemas financeiros e contratar um grupo de jovens, por meio da Administração Nacional da Juventude do New Deal, para fazer computações a cinquenta centavos por hora.[44]

Assim como outras pessoas cujo trabalho exigia cálculos tediosos, Mauchly ansiava por inventar uma máquina para realizar esses cálculos. Com seu estilo gregário, começou a se informar sobre o que os outros estavam fazendo e, na tradição dos grandes inovadores, a reunir várias ideias diferentes. No pavilhão da IBM na Feira Mundial de Nova York em 1939, ele viu uma calculadora elétrica que usava cartões perfurados, mas percebeu que depender de cartões tornaria o processo muito lento, devido à quantidade de dados que era necessário processar. Ele também viu uma máquina de criptografia que usava válvulas termiônicas para codificar mensagens. Era possível usar válvulas para outros circuitos lógicos? Ele levou seus alunos para uma aula de campo no Swarthmore College, a fim de verem equipamentos de cálculo que usavam circuitos com válvulas termiônicas para medir erupções de ionização causadas por raios cósmicos.[45] Também assumiu uma turma noturna de eletrônica e começou a fazer experimentos com seus próprios circuitos de válvulas termiônicas soldados à mão para ver o que mais eles eram capazes de fazer.

Em uma conferência no Dartmouth College em setembro de 1940, Mauchly viu uma demonstração feita por George Stibitz da Calculadora de Números

Complexos que ele havia construído nos Laboratórios Bell. O que tornou a demonstração empolgante foi o fato de que o computador de Stibitz estava no prédio do Bell no sul de Manhattan transmitindo dados por uma linha de teletipos. Era o primeiro computador a ser usado remotamente. Durante três horas, ele resolveu problemas apresentados pelo público, levando cerca de um minuto para dar cada resposta. Entre os presentes à demonstração estava Norbert Wiener, um pioneiro dos sistemas de informação, que tentou criar dificuldades para a máquina de Stibitz ao pedir que ela dividisse um número por zero. A máquina não caiu na armadilha. Também estava presente John von Neumann, o sábio húngaro que logo desempenharia um papel importante junto com Mauchly no desenvolvimento de computadores.[46]

Quando decidiu construir seu próprio computador com válvulas termiônicas, Mauchly fez o que bons inovadores devem fazer: partiu de todas as informações que havia coletado em suas viagens. Como o Ursinus não tinha orçamento de pesquisa, ele usou dinheiro do próprio bolso para comprar válvulas e implorou que os fabricantes as fornecessem de graça. Escreveu para a Supreme Instruments Corp., pedindo componentes e afirmando: "Pretendo construir uma máquina de calcular elétrica".[47] Em uma visita à RCA, descobriu que válvulas de neon também podiam ser usadas como interruptores; elas eram mais lentas mas mais baratas que válvulas termiônicas, e ele comprou uma quantidade a oito centavos a unidade. "Antes de novembro de 1940", diria mais tarde sua esposa, "Mauchly tinha testado com bons resultados certos componentes do computador que havia proposto e se convencera de que era possível construir um equipamento digital barato e confiável usando apenas elementos eletrônicos." Isso aconteceu, ela insistia, antes de ele ter sequer ouvido falar de Atanasoff.[48]

No final de 1940, Mauchly confidenciou a alguns amigos que esperava conseguir reunir toda essa informação para construir um computador eletrônico digital. "Agora estamos levando em consideração a construção de uma máquina elétrica de computação", ele escreveu em novembro daquele ano para um meteorologista com quem havia trabalhado. "Essa máquina faria suas operações em cerca de 1/200 de segundo, usando relés de válvulas termiônicas."[49] Mesmo sendo uma pessoa colaborativa e coletando informações de muita gente, Mauchly começou a mostrar uma necessidade competitiva de ser o primeiro a criar um novo tipo de computador. Ele escreveu para um ex-aluno em dezembro:

> Para seu conhecimento pessoal, espero ter, em mais ou menos um ano, quando reunir o material e conseguir montar tudo, uma máquina eletrônica de computação [...]. Mantenha isso em segredo, já que não tenho o equipamento para fazer isso neste ano e gostaria de "ser o primeiro".[50]

Naquele mês, dezembro de 1940, Mauchly por acaso topou com Atanasoff, dando início a uma série de eventos a que se seguiram anos de disputas sobre sua tendência a reunir informações de diferentes fontes e seu desejo de "ser o primeiro". Atanasoff estava participando de uma reunião na Universidade da Pensilvânia e apareceu em uma sessão em que Mauchly falou de sua esperança de construir uma máquina destinada a analisar dados meteorológicos. Depois, Atanasoff veio a dizer que tinha trabalhado em uma calculadora eletrônica na Universidade Estadual de Iowa. Mauchly fez no seu programa da conferência uma anotação segundo a qual Atanasoff afirmava ter inventado uma máquina capaz de processar e armazenar dados ao custo de apenas dois dólares por dígito. (A máquina de Atanasoff podia operar com 3 mil dígitos e custava cerca de 6 mil dólares.) Mauchly ficou impressionado. Ele estimava que o custo de um computador com válvulas termiônicas seria de quase treze dólares por dígito. Disse que adoraria ver como aquilo era possível, e Atanasoff o convidou para ir a Iowa.

Durante o primeiro semestre de 1941, Mauchly se correspondeu com Atanasoff e continuou impressionado com o baixo custo que ele dizia conseguir para sua máquina. "Menos de dois dólares por dígito parece quase impossível, e no entanto é isso que acho que você disse", escreveu. "Sua sugestão sobre uma visita a Iowa pareceu meio fantástica quando feita pela primeira vez, mas a ideia me parece cada vez melhor." Atanasoff insistiu que ele aceitasse. "Como atrativo adicional, explicarei a história dos dois dólares por dígito", prometeu.[51]

A VISITA DE MAUCHLY A ATANASOFF

A visita fatídica durou quatro dias, em junho de 1941.[52] Mauchly foi de carro de Washington e levou com ele o filho Jimmy, de seis anos, tendo chegado na noite de 13 de junho, uma sexta-feira, e pegando de surpresa a esposa de Atanasoff, Lura, que ainda não havia preparado o quarto de hóspedes. "Tive de fazer tudo às pressas, pegar travesseiros extras no sótão e tudo o mais", ela se lembraria mais tarde.[53] Ela também preparou a ceia, já que os visitantes tinham chegado com fome. Os Atanasoff tinham três filhos, mas Mauchly pareceu presumir que Lura tomaria conta de Jimmy durante a visita, e ela o fez, de má vontade. Ela não gostou de Mauchly: "Não acho que ele seja honesto", ela disse a certa altura para o marido.[54]

Atanasoff estava ansioso para mostrar sua máquina parcialmente construída, embora a esposa se preocupasse com o fato de ele estar confiando demais no visitante. "Você precisa ter cuidado até conseguir a patente", ela avisou. Contudo, Atanasoff levou Mauchly, junto com Lura e as quatro crianças, para o porão do prédio de física na manhã seguinte, retirando, orgulhoso, um lençol que cobria aquilo em que ele e Berry estavam trabalhando juntos.

Mauchly ficou impressionado com algumas coisas. O uso de condensadores na memória de unidade era engenhoso e reduzia custos, assim como o método de Atanasoff de reativar as cargas a cada segundo, colocando-as em cilindros rotativos. Mauchly tinha pensado em usar condensadores em vez de válvulas termiônicas mais caras, e admirou o modo como o método de Atanasoff de "ativar a memória deles" tornava o processo viável. Esse era o segredo por trás do fato de a máquina poder ser construída por dois dólares por dígito. Depois de ler o memorando de 35 páginas em que Atanasoff detalhava a máquina, e fazendo anotações, Mauchly perguntou se podia levar uma cópia em carbono para casa. O pedido foi negado por Atanasoff, tanto porque ele não tinha cópias extras para fornecer (ainda não haviam sido inventadas as fotocópias) e porque estava ficando preocupado por Mauchly estar assimilando muita informação.[55]

Mas, em grande medida, Mauchly não ficou inspirado com que viu em Ames — ou, pelo menos, era o que insistia em dizer ao recordar o episódio. O principal ponto fraco era o fato de que a máquina de Atanasoff não era de todo eletrônica, dependendo dos tambores mecânicos de condensadores para a memória. Isso a tornava barata, só que também bastante lenta. "Achei a máquina muito engenhosa, mas como ela era em parte mecânica, envolvendo comutadores rotativos como interruptores, não era nem de longe o que eu tinha em mente", Mauchly recordaria. "Não me interessei por mais detalhes." Mais tarde, em um dos depoimentos no julgamento sobre a validade de suas patentes, Mauchly disse que a natureza semimecânica da máquina de Atanasoff era "uma drástica decepção" e desqualificou o equipamento como "um dispositivo mecânico que usa algumas válvulas eletrônicas em sua operação".[56]

O segundo desapontamento, dizia Mauchly, era que a máquina de Atanasoff foi projetada para um único propósito e não podia ser programada ou modificada para desempenhar outras tarefas: "Ele não tinha feito nada para planejar essa máquina para que ela não fosse um equipamento com um único conjunto de propósitos e para resolver conjuntos de equações lineares".[57]

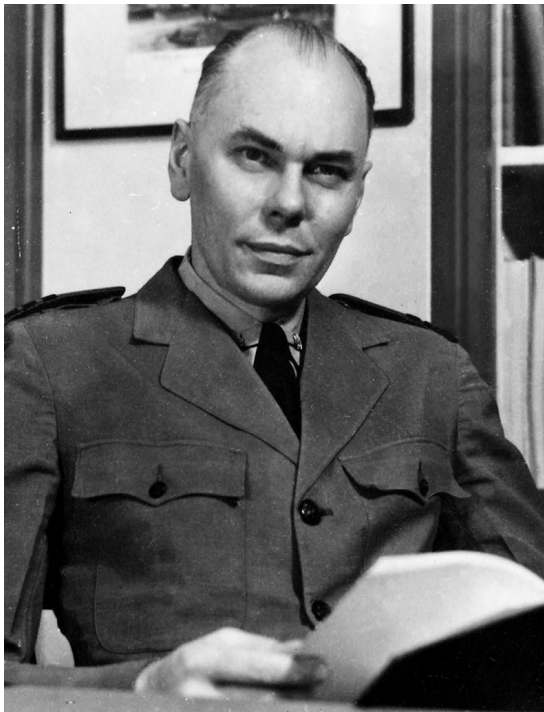
Assim, Mauchly saiu de Iowa não com um conceito inovador sobre como construir um computador, mas com pequenos insights menores para acrescentar à cesta de ideias que vinha coletando, consciente e inconscientemente, em suas visitas a conferências, faculdades e feiras. "Vim a Iowa com a mesma atitude que fui à Feira Mundial e a outros lugares", diria em um de seus depoimentos. "Há algo aqui que pode ser útil para ajudar as minhas computações ou as de outras pessoas?"[58]

Assim como a maior parte das pessoas, Mauchly usava insights de várias experiências, conversas e observações — no seu caso, Swarthmore, Darthmouth, Laboratórios Bell, RCA, Feira Mundial, Universidade Estadual de Iowa e outros lugares — e depois as combinava em ideias que considerava como dele mesmo. "Uma nova ideia vem de repente e de um modo bastante intuitivo", Einstein disse certa vez, "mas a intuição não é nada mais do que o resultado de experiências intelectuais

anteriores." Quando as pessoas recebem informações de múltiplas fontes e as reúnem, é natural que pensem que as ideias resultantes são delas próprias — como na verdade são. Todas as ideias nascem dessa maneira. Assim, Mauchly considerava suas intuições e seus pensamentos sobre como construir um computador como dele mesmo, e não como uma sacola de ideias que havia roubado de outras pessoas. E apesar de descobertas legais posteriores, ele estava em grande parte certo, na medida em que alguém pode estar certo em pensar que suas ideias são mesmo suas. Esse é o modo como o processo criativo — embora talvez não o processo de patentes — funciona.

Ao contrário de Atanasoff, Mauchly teve a oportunidade, e a disposição, de colaborar com uma equipe que tinha talentos variados. Como resultado, em vez de produzir uma máquina que quase não funcionava e destinada a ficar abandonada em um porão, ele e sua equipe entrariam para a história como os inventores do primeiro computador eletrônico de propósito geral.

Enquanto se preparava para deixar Iowa, Mauchly recebeu uma boa notícia. Ele tinha sido aceito no curso de eletrônica da Universidade da Pensilvânia, um dos muitos do país que estavam sendo financiados em caráter emergencial pelo Departamento de Guerra. Era uma chance de aprender mais sobre o uso de válvulas termiônicas em circuitos eletrônicos, o que, ele agora estava convencido, era o melhor modo de fazer computadores. Isso também mostrava a importância das Forças Armadas no incentivo à inovação na era digital.

Durante o curso de dez semanas no verão de 1941, Mauchly teve a chance de trabalhar com uma versão do Analisador Diferencial do MIT, o computador analógico projetado por Vannevar Bush. A experiência aumentou seu interesse em construir seu próprio computador. Também o levou a perceber que os recursos para fazer isso em um lugar como a Universidade da Pensilvânia eram muito maiores do que no Ursinus College, de modo que ele ficou feliz em aceitar o cargo de instrutor na instituição quando lhe foi oferecido ao fim do verão.

Howard Aiken (1900-73) em Harvard, 1945.

John Mauchly (1907-80), *c*. 1945.

J. Presper Eckert (1919-95), *c*. 1945.

Eckert (em primeiro plano), Mauchly (encostado na coluna), Jean Jennings (ao fundo) e Herman Goldstine (ao lado de Jennings) com o eniac, 1946.

Mauchly repassou a boa notícia para Atanasoff em uma carta, que também dava dicas de um plano que deixou o professor de Iowa nervoso. "Várias ideias diferentes

chegaram a mim recentemente sobre circuitos de computação — algumas das quais são mais ou menos híbridas, combinando os seus métodos a outras coisas, e algumas das quais nada têm a ver com a sua máquina", Mauchly escreveu, com franqueza. "A questão na minha cabeça é esta: existe alguma objeção, do seu ponto de vista, a que eu construa algum tipo de computador que incorpore algumas das características de sua máquina?"[59] É difícil dizer, a partir da carta, ou das posteriores explicações, depoimentos e testemunhos ao longo dos anos seguintes, se o tom inocente de Mauchly era sincero ou fingido.

De qualquer maneira, a carta chateou Atanasoff, que ainda não conseguido com que seu advogado pedisse o registro de patente. Ele respondeu a Mauchly de maneira bastante brusca após alguns dias:

> Nosso advogado enfatizou a necessidade de tomar cuidado acerca da disseminação de informação relativa a nosso equipamento até que um pedido de patente seja protocolado. Isso não deve levar muito tempo, e, é claro, não me sinto mal por ter lhe dado informações sobre o equipamento, mas isso exige que não levemos a público quaisquer detalhes no momento atual. [60]

O que impressiona é que essa troca de cartas não foi suficiente para provocar Atanasoff ou o advogado a fazer o protocolo solicitando a patente.

Naquele outono de 1941, Mauchly foi adiante com seu próprio projeto de computador, que ele corretamente acreditava reunir ideias de várias fontes e que era muito diferente daquele que Atanasoff havia construído. Em seu curso de verão, encontrou o parceiro certo para se unir a ele nessa empreitada: um estudante de pós-graduação com uma paixão perfeccionista por engenharia de precisão, que sabia tanto sobre eletrônica que trabalhava como instrutor de laboratório para Mauchly mesmo sendo doze anos mais jovem (aos 22 anos) e ainda não tendo um doutorado.

J. PRESPER ECKERT

John Adam Presper Eckert Jr., conhecido formalmente como J. Presper Eckert e informalmente como Pres, era filho único de um milionário do ramo imobiliário da Filadélfia.[61] Um de seus bisavós, Thomas Mills, inventou as máquinas que produziam as balinhas de água salgada em Atlantic City e, tão importante quanto, criou uma empresa para manufaturá-las e vendê-las. Quando menino, Eckert foi levado pelo motorista da família à escola privada de William Penn, fundada em 1689. Mas seu sucesso não veio dos privilégios de nascimento, e sim de seus próprios talentos. Ele foi o vencedor de uma feira de ciências municipal aos doze anos, construindo um sistema de orientação para miniaturas de barcos que usava ímãs e reostatos, e aos

catorze inventou um modo inovador de usar a corrente doméstica para eliminar baterias defeituosas do sistema de interfones de um dos prédios de seu pai.[62]

No ensino médio, Eckert deslumbrou os colegas com seus inventos e ganhou dinheiro construindo rádios, amplificadores e sistemas de som. A Filadélfia, cidade de Benjamin Franklin, era na época um grande centro de eletrônicos, e Eckert passava muito tempo no laboratório de pesquisa de Philo T. Farnsworth, um dos inventores da televisão. Embora tivesse sido aceito pelo MIT e quisesse estudar lá, seus pais não queriam que ele partisse. Fingindo ter sofrido reveses financeiros por causa da Depressão, eles o pressionaram a ir para a Universidade da Pensilvânia e continuar morando em casa. Ele se rebelou, no entanto, contra o desejo deles de que estudasse administração; em vez disso, inscreveu-se na Escola Moore de Engenharia Elétrica, por achar o tema mais interessante.

O triunfo social de Eckert na universidade veio com a criação do que ele chamava de "Osculômetro" (da palavra em latim para "boca"), que supostamente media a paixão e a eletricidade romântica de um beijo. Um casal segurava os cabos do equipamento e se beijava, e o contato dos lábios de ambos fechava um circuito elétrico. Uma fila de lâmpadas acendia, e o objetivo era beijar com paixão suficiente para acender todas as dez lâmpadas e disparar uma buzina. Concorrentes espertos sabiam que beijos molhados e mãos suadas aumentavam a condutividade do circuito.[63] Eckert também inventou um equipamento que usava um método de modulação de luz para registrar som em filmes, o que lhe rendeu uma patente aos 21 anos, quando ainda era estudante de graduação.[64]

Pres Eckert tinha suas peculiaridades. Cheio de energia e nervoso, andava pela sala, roía as unhas, saltava e de vez em quando ficava de pé sobre uma mesa enquanto pensava. Usava uma corrente de relógio que não ficava ligada a um relógio, e a girava nas mãos como se fossem contas de um rosário. Tinha um temperamento irritadiço que aflorava de repente e depois se dissolvia em charme. Sua exigência por perfeição vinha do pai, que podia andar por canteiros de construção carregando um grande pacote de gizes de cera com os quais rabiscava instruções, usando cores diferentes para indicar qual era o operário responsável. "Ele era uma espécie de perfeccionista e se certificava de que você fizesse tudo direito", contou seu filho. "Mas era um bocado encantador, na verdade. Ele conseguia que as coisas fossem feitas na maior parte do tempo por pessoas que queriam fazer as coisas." Como engenheiro de engenheiros, Eckert percebia que gente como ele era o complemento necessário para físicos como Mauchly. "Um físico é alguém que está preocupado com a verdade", ele diria mais tarde. "Um engenheiro é alguém que está preocupado em fazer com que o trabalho seja concluído."[65]

ENIAC

A guerra mobiliza a ciência. Ao longo dos séculos, desde que os gregos antigos inventaram a catapulta e Leonardo da Vinci trabalhou como engenheiro militar para César Bórgia, as necessidades marciais impulsionaram avanços na tecnologia, e isso foi especialmente verdadeiro em meados do século XX. Muitas das mais importantes façanhas tecnológicas dessa época — computadores, potência atômica, radares e a internet — foram resultado de atividades militares.

A entrada dos Estados Unidos na Segunda Guerra Mundial, em dezembro de 1941, forneceu o ímpeto para financiar a máquina que Mauchly e Eckert estavam inventando. A Universidade da Pensilvânia e o Departamento de Artilharia do Exército no Campo de Provas de Aberdeen tinham sido encarregados de produzir os cadernos de configurações de ângulos de disparo necessários para a artilharia que estava sendo enviada para a Europa. Para que tivessem mira adequada, as armas precisavam de tabelas que levavam em conta centenas de condições, entre as quais temperatura, umidade, velocidade do vento, altitude e tipos de pólvora.

Criar uma tabela para apenas um tipo de projétil disparado por uma arma exigia o cálculo de 3 mil trajetórias a partir de um conjunto de equações diferenciais. Esse trabalho costumava ser feito usando-se um dos Analisadores Diferenciais inventados no MIT por Vannevar Bush. Os cálculos da máquina eram somados ao trabalho de mais de 170 pessoas, na maior parte mulheres, conhecidas como "computadoras", que enfrentavam as equações apertando teclas e girando manivelas das máquinas de somar de mesa. Mulheres formadas em matemática eram recrutadas em todo o país. Mesmo com todo esse esforço, foi preciso mais de um mês para que se completasse apenas uma tabela de disparos. No verão de 1942, estava claro que a produção a cada semana se tornava mais insuficiente, fazendo com que parte da artilharia norte-americana ficasse ineficaz.

Em agosto daquele ano, Mauchly escreveu um memorando que propunha um modo de ajudar o Exército a superar esse desafio. O documento mudaria a história da computação. Intitulado "O uso de equipamentos de válvulas termiônicas de alta velocidade para cálculo", o memorando solicitava financiamento para a máquina que ele e Eckert esperavam construir: um computador digital eletrônico, com circuitos com válvulas termiônicas, que pudesse resolver equações diferenciais e realizar outras tarefas matemáticas. "Pode ser obtido um grande ganho na velocidade de cálculo se os equipamentos usados empregarem meios eletrônicos", defendia. Ele estimou que a trajetória de um míssil poderia ser calculada em "cem segundos".[66]

O memorando de Mauchly foi ignorado pelos dirigentes da universidade, mas foi levado para o oficial do Exército ligado à instituição, o tenente (que logo seria capitão) Herman Goldstine, um homem de 29 anos que havia sido professor de matemática na Universidade de Michigan. Sua missão era acelerar a produção das tabelas de disparos, e ele havia enviado a esposa, Adele, que também era matemática, em uma viagem ao redor do país com o objetivo de recrutar mais mulheres para se unirem aos batalhões de computadores humanos na universidade. O memorando de

Mauchly o convenceu de que havia uma maneira melhor.

A decisão do Departamento de Guerra dos Estados Unidos de financiar o computador eletrônico saiu em 9 de abril de 1943. Mauchly e Eckert ficaram acordados a noite anterior inteira trabalhando em sua proposta, mas ainda não haviam encerrado a redação do documento quando entraram no carro para uma viagem de duas horas da universidade até o Campo de Provas de Aberdeen em Maryland, onde oficiais do Departamento de Artilharia estavam reunidos. Enquanto o tenente Goldstine dirigia, os dois, sentados no banco de trás, iam escrevendo as seções restantes; quando chegaram a Aberdeen, continuaram a trabalhar em uma pequena sala, e Goldstine se dirigiu para a reunião preparatória. A reunião foi presidida por Oswald Veblen, o presidente do Instituto de Estudos Avançados, em Princeton, que era conselheiro dos militares para projetos matemáticos. Também estava presente o coronel Leslie Simon, diretor do Laboratório de Pesquisa Balística do Exército. Goldstine lembraria o que ocorreu:

> Veblen, depois de ouvir minha apresentação por alguns minutos e de se balançar nas pernas traseiras de sua cadeira, pôs a cadeira no chão com um baque, levantou, e disse: "Simon, dê o dinheiro para Goldstine". Tendo dito isso, deixou a sala e a reunião se encerrou com essa notícia feliz.[67]

Mauchly e Eckert incorporaram seu memorando a um artigo que intitularam "Report on an Electronic Diff. Analyzer" [Relatório sobre o analisador dif. eletrônico]. Usar a abreviação *dif*. era cauteloso; podia significar tanto *diferenças*, o que se referia à natureza digital da máquina proposta, quanto *diferencial*, o que descrevia as equações que ela resolveria. Logo ela receberia um nome mais memorável: ENIAC, o Electronic Numerical Integrator and Computer [Computador Integrador Numérico Eletrônico]. Embora o ENIAC fosse projetado sobretudo para resolver equações diferenciais, que eram a chave para calcular trajetórias de mísseis, Mauchly escreveu que ela podia ter um "equipamento de programação" que lhe permitiria desempenhar outras tarefas, fazendo com que ela se tornasse, assim, mais próxima de um computador de propósito geral.[68]

Em junho de 1943 teve início a construção do ENIAC. Mauchly, que manteve suas tarefas como professor, fazia o papel de consultor e visionário. Goldstine, como representante do Exército, supervisionava as operações e o orçamento. E Eckert, com sua paixão pelo detalhe e pela perfeição, era o engenheiro-chefe. Eckert dedicava-se tanto ao projeto que às vezes dormia ao lado da máquina. Certa vez, por piada, dois engenheiros pegaram sua cama e com todo o cuidado o levaram para uma sala idêntica um andar acima; quando acordou, ele temeu por um instante que a

máquina tivesse sido roubada.[69]

Sabendo que as grandes ideias valem pouco sem uma execução precisa (uma lição que Atanasoff aprendeu), Eckert não hesitava em supervisionar tudo em detalhes. Ele ficava em volta dos outros engenheiros, dizendo onde soldar uma articulação ou torcer um cabo. "Eu acompanhava o trabalho de cada engenheiro e checava cada cálculo de cada resistor na máquina, para ter certeza de que aquilo havia sido feito de maneira correta", contaria. Ele desdenhava de qualquer um que não se importasse com questões que considerasse triviais. "A vida é feita de uma concentração total de questões triviais", disse certa vez. "Decerto um computador não é nada mais do que uma enorme concentração de questões triviais."[70]

Eckert e Mauchly serviam como contraponto um para o outro, o que os tornava um exemplo típico de tantas duplas de líderes da era digital. Eckert administrava as pessoas com paixão pela precisão; Mauchly tinha a tendência a acalmá-las e a fazer com que se sentissem amadas. "Ele estava sempre brincando e fazendo piadas com as pessoas", Eckert se lembraria. "Ele era agradável." Eckert, cujas habilidades técnicas vinham acompanhadas de uma energia tensa e de uma enorme capacidade de atenção, precisava muito de alguém que avaliasse em termos intelectuais o que ele fazia, e Mauchly adorava fazer esse papel. Embora não fosse engenheiro, Mauchly tinha a capacidade de fazer a conexão de teorias científicas com atos práticos de engenharia de um modo inspirador. "Nós nos juntamos e fizemos essa coisa, e não acredito que qualquer um de nós a teria feito sozinho", Eckert admitiria mais tarde.[71]

O ENIAC era digital, mas em vez de usar um sistema binário, utilizando apenas 0s e 1s, usava um sistema decimal com contatores de dez dígitos. Nesse aspecto, não era como um computador moderno. Fora isso, era mais avançado do que as máquinas construídas por Atanasoff, Zuse, Aiken e Stibitz. Usando o que foi chamado de lógica condicional (uma possibilidade descrita por Ada Lovelace um século antes), ele podia dar saltos em um programa com base nos resultados parciais e podia repetir blocos de código, conhecidos como sub-rotinas, que realizavam tarefas comuns. "Tínhamos a possibilidade de ter sub-rotinas e sub-rotinas de sub-rotinas", Eckert explicou. Quando Mauchly propôs essa funcionalidade, Eckert se recordaria, "foi uma ideia que no mesmo instante percebi ser a chave para tudo aquilo".[72]

Depois de um ano de construção, por volta da época do Dia D, em junho de 1944, Mauchly e Eckert conseguiram testar os dois primeiros componentes, chegando a cerca de um sexto da máquina planejada. Começaram com um simples problema de multiplicação. Quando a máquina forneceu a resposta correta, eles deram um grito. Mas passou-se mais de um ano depois disso, em novembro de 1945, para que o ENIAC se tornasse plenamente operacional. A essa altura, ele podia realizar 5 mil somas e subtrações por segundo, o que era mais que cem vezes mais rápido do que qualquer máquina anterior. Com trinta metros de comprimento e dois metros e

meio de altura, ocupando um espaço do que poderia ser um modesto apartamento de três quartos, o equipamento pesava cerca de trinta toneladas e tinha 17468 válvulas termiônicas. Como comparação, o computador de Atanasoff-Berry, que definhava em um porão em Iowa, tinha o tamanho de uma mesa, continha apenas trezentas válvulas e podia fazer meras trinta somas ou subtrações por segundo.

BLETCHLEY PARK

Embora na época poucas pessoas que não estivessem relacionadas ao empreendimento soubessem — e que tenha permanecido em segredo por mais de três décadas —, outro computador eletrônico usando válvulas termiônicas tinha sido construído em segredo no final de 1943, em um edifício vitoriano de tijolos à vista na cidade de Bletchley, noventa quilômetros a noroeste de Londres, onde os britânicos haviam isolado uma equipe de gênios e engenheiros para decifrar códigos alemães em tempos de guerra. O computador, conhecido como Colossus, foi o primeiro totalmente eletrônico e parcialmente programável. Por ser orientado para uma tarefa particular, não era um computador de propósito geral ou um "Turing completo", mas tinha as impressões digitais do próprio Alan Turing.

Turing havia começado a se concentrar em códigos e em criptologia no outono de 1936, quando chegou a Princeton logo depois de escrever o artigo "On Computable Numbers". Ele explicou seu interesse em uma carta para a mãe em outubro daquele ano:

> Acabo de descobrir uma possível aplicação do tipo de coisa em que estou trabalhando no momento. Ela responde à pergunta: "Qual é o tipo mais geral de código ou de cifra possível?", e ao mesmo tempo (quase naturalmente) me permite construir vários códigos específicos e interessantes. Um deles é bem impossível de decodificar sem a chave, e bastante rápido de codificar. Espero poder vendê-lo ao governo de Sua Majestade por uma soma bastante substancial, mas tenho dúvida sobre a moralidade dessas coisas. O que você acha?[73]

Ao longo do ano seguinte, enquanto se preocupava com a possibilidade de guerra contra a Alemanha, Turing passou a se interessar mais por criptologia e menos por tentar ganhar dinheiro com isso. Trabalhando na oficina mecânica do prédio de física de Princeton no final de 1937, ele construiu as primeiras etapas de uma máquina de codificação que transformava letras em números binários e, usando relés eletromecânicos como interruptores, multiplicava a mensagem numericamente codificada resultante do processo por um número gigante secreto, tornando isso

quase impossível de decifrar.

Um dos mentores de Turing em Princeton era John von Neumann, o brilhante físico e matemático que havia fugido de sua Hungria natal e que estava no Instituto de Estudos Avançados, na época localizado no prédio que abrigava o Departamento de Matemática da universidade. Na primavera de 1938, enquanto Turing estava terminando sua tese de doutorado, Von Neumann lhe ofereceu um emprego como seu assistente. Com a guerra se aproximando na Europa, a oferta era tentadora, mas também parecia vagamente antipatriótica. Turing decidiu voltar à sua bolsa em Cambridge e pouco depois se uniu ao esforço britânico para decifrar códigos militares alemães.

Na época, a Escola de Criptografia do Governo de Sua Majestade ficava localizada em Londres, e seus quadros eram formados sobretudo por acadêmicos literários, como Dillwyn "Dilly" Knox, um professor de estudos clássicos de Cambridge, e Oliver Strachey, um diletante da alta sociedade que tocava piano e vez ou outra escrevia sobre a Índia. Não havia matemáticos entre os oito contratados até o outono de 1938, quando Turing foi para lá. Mas no verão seguinte, enquanto a Grã-Bretanha se preparava para a guerra, o departamento passou a contratar matemáticos ativamente, usando em determinado momento um concurso que envolvia como ferramenta de seleção a resolução de palavras cruzadas do *Daily Telegraph*, e a instituição se mudou para a monótona cidade de casas de tijolos à vista de Bletchley, cujo principal atributo era ficar na junção em que as linhas de trem entre Oxford e Cambridge se cruzavam com as de Londres para Birmingham. Uma equipe do serviço de inteligência britânico, disfarçada de "time de caça do capitão Ridley", visitou a mansão de Bletchley Park, uma monstruosidade gótica vitoriana que seu proprietário queria demolir, e discretamente a comprou. Os responsáveis por decifrar códigos ficavam nos chalés, nos estábulos e em algumas cabanas pré-fabricadas que foram erguidas no terreno.[74]

Turing foi designado para uma equipe que trabalhava na Cabana 8 e que estava tentando decifrar o código alemão Enigma, que era gerado por uma máquina portátil com rotores mecânicos e circuitos elétricos. Ela criptografava mensagens militares usando uma cifra que, depois de cada caractere, mudava a fórmula de substituição de letras. Isso tornava a decodificação tão difícil que os britânicos já haviam perdido a esperança de conseguir fazê-lo. Uma oportunidade surgiu quando oficiais de inteligência poloneses criaram uma máquina baseada em um encriptador alemão capturado que era capaz de decifrar alguns dos códigos Enigma. Quando os poloneses mostraram sua máquina aos britânicos, no entanto, ela já havia ficado obsoleta pelo fato de os alemães terem acrescentado mais dois rotores e mais dois quadros de distribuição às suas máquinas Enigma.

Turing e sua equipe começaram a trabalhar na criação de uma máquina mais sofisticada, chamada de "a bomba", que podia decifrar as mensagens Enigma depois das novas modificações feitas pelos alemães — especificamente, ordens navais que

revelariam a posição de submarinos que estavam dizimando os comboios britânicos carregados de suprimentos. A bomba explorava vários pequenos pontos fracos da codificação, entre eles o fato de não ser possível substituir uma letra por ela mesma no código e a existência de certas frases que os alemães usavam de maneira repetida. Em agosto de 1940, a equipe de Turing tinha duas bombas operacionais, que tinham sido capazes de decifrar 178 mensagens codificadas; na época em que a guerra acabou, eles haviam construído perto de duzentas máquinas.

A bomba projetada por Turing não representava um avanço marcante na tecnologia da computação. Tratava-se de um mecanismo eletromecânico com interruptores de relés e rotores em vez de válvulas termiônicas e de circuitos eletrônicos. Mas uma máquina posterior produzida em Bletchley Park, a Colossus, foi um grande marco.

A necessidade de construir a Colossus surgiu quando os alemães começaram a codificar mensagens importantes, como ordens de Hitler e de seu alto-comando, com uma máquina digital eletrônica que usava um sistema binário e doze rodas de codificação de tamanhos diferentes. As bombas eletromecânicas projetadas por Turing eram incapazes de decifrar essas mensagens. Isso exigiria um ataque usando circuitos eletrônicos muito rápidos.

A equipe encarregada da tarefa, que trabalhava na Cabana 11, era conhecida como "Newmânios", em homenagem a seu líder, Max Newman, o matemático de Cambridge que havia apresentado Turing aos problemas de Hilbert quase uma década antes. O engenheiro parceiro de Newman era o mago da eletrônica Tommy Flowers, um pioneiro no uso das válvulas termiônicas, que trabalhava na Estação de Pesquisa do Serviço Postal em Dollis Hill, um subúrbio de Londres.

Turing não estava na equipe de Newman, mas inventou uma abordagem estatística chamada de "Turíngea", que detectava quaisquer desvios em relação a uma distribuição uniforme de caracteres em um trecho de texto cifrado. Foi construída uma máquina que podia analisar dois trechos de fitas de papel perfuradas usando sensores fotoelétricos, para comparar todas as permutações possíveis das duas sequências. A máquina foi chamada de "Heath Robinson", em homenagem a um cartunista britânico que havia se especializado, assim como Rube Goldberg nos Estados Unidos, em desenhar engenhocas mecânicas absurdamente complexas.

Durante quase uma década, Flowers tinha ficado fascinado pelos circuitos eletrônicos feitos a partir de válvulas termiônicas, que ele e outros britânicos chamavam de "*valves*". Como engenheiro da divisão telefônica do Serviço Postal, ele havia criado em 1934 um sistema experimental que usava mais de 3 mil válvulas termiônicas para controlar conexões entre mil linhas telefônicas. Flowers também foi pioneiro no uso de válvulas termiônicas para armazenamento de dados. Turing o convocou para ajudar nas máquinas "bomba" e depois o apresentou a Newman.

Flowers percebeu que o único modo de analisar os trechos criptografados pelos alemães de maneira suficientemente rápida era armazenar pelo menos um desses trechos na memória eletrônica interna de uma máquina, em vez de tentar comparar duas fitas de papel perfuradas. Isso exigiria 1500 válvulas termiônicas. De início os gestores de Bletchley Park se mostraram céticos, mas Flowers fez avanços e, em dezembro de 1943 — depois de apenas onze meses —, produziu a primeira máquina Colossus. Uma versão ainda maior, usando 2400 válvulas termiônicas, ficou pronta em 1º de junho de 1944. As primeiras mensagens interceptadas que ela decodificou confirmaram outras fontes que informavam ao general Dwight Eisenhower, que estava prestes a lançar a invasão do Dia D, que Hitler não estava enviando soldados adicionais para a Normandia. Dentro de um ano, mais oito máquinas Colossus foram produzidas.

Isso significava que bem antes do ENIAC, que só se tornou operacional em novembro de 1945, os decifradores de códigos britânicos haviam construído um computador totalmente eletrônico e digital (na verdade binário). A segunda versão, em junho de 1944, era capaz até de fazer alguma lógica condicional. Mas, ao contrário do ENIAC, que tinha dez vezes essa quantidade de válvulas, a Colossus era uma máquina de propósito específico voltada para decifração de códigos, não um computador de propósito geral. Com sua capacidade limitada de programação, ela não podia ser instruída a desempenhar qualquer tarefa computacional, do mesmo modo que (em teoria) o ENIAC podia.

ENTÃO, QUEM INVENTOU O COMPUTADOR?

Ao avaliar como dividir o crédito pela criação do computador, é útil começar pela especificação de quais atributos definem a essência desse tipo de equipamento. No sentido mais geral, a definição de computador pode englobar qualquer coisa desde um ábaco até um iPhone. Mas, ao se relatar o nascimento da Revolução Digital, faz sentido seguir as definições aceitas do que, na linguagem moderna, constitui um computador. Eis algumas:

"Equipamento programável normalmente eletrônico que pode armazenar, recuperar e processar dados." (*The Merriam-Webster Dictionary*)

"Equipamento eletrônico que é capaz de receber informação (dados) em uma forma particular e de desempenhar uma sequência de operações de acordo com um conjunto predeterminado mas variável de instruções procedimentais (programa) para produzir um resultado." (*The Oxford English Dictionary*)

"Equipamento de propósito geral que pode ser programado para desempenhar um conjunto de operações aritméticas e lógicas de maneira automática." (Wikipedia, 2014)

Então, o computador ideal é uma máquina que é eletrônica, de propósito geral

e programável. Qual, então, tem as melhores qualificações para ser o primeiro?

O Modelo K, de George Stibitz, iniciado na mesa de sua cozinha em novembro de 1937, levou a um modelo em escala completa nos Laboratórios Bell em janeiro de 1940. Era um computador binário e o primeiro equipamento do gênero a ser usado remotamente. Mas usava relés eletromecânicos e, portanto, não era totalmente eletrônico. Era também um computador de propósito específico e não programável.

O Z3, de Herman Zuse, que ficou pronto em maio de 1941, foi a primeira máquina controlada de forma automática, programável, elétrica e binária. Ela foi projetada para lidar com problemas de engenharia, e não para ser uma máquina de propósito geral. No entanto, demonstrou-se que, em teoria, podia ter sido usada como uma máquina de Turing completa. A principal diferença entre ela e os computadores modernos era o fato de ser eletromecânica, dependendo de interruptores de relés que se moviam e eram lentos, e não de eletrônica. Outra imperfeição era o fato de que nunca chegou a trabalhar em sua versão completa. Foi destruída pelo bombardeio de Berlim pelos Aliados em 1943.

O computador projetado por John Vincent Atanasoff, que chegou a ficar completo, mas que não estava totalmente operacional na época em que seu criador o abandonou para servir na Marinha em setembro de 1942, foi o primeiro computador eletrônico digital, porém ele era apenas parcialmente eletrônico. Seu mecanismo de soma e subtração usava válvulas termiônicas, mas a memória e a recuperação de dados envolviam tambores mecânicos rotativos. Seu outro grande ponto fraco, para ser considerado como o primeiro computador moderno, era o fato de não ser programável nem de propósito geral; em vez disso, era construído para a tarefa específica de resolver equações lineares. Além disso, Atanasoff nunca conseguiu fazer com que ele ficasse totalmente operacional, e a máquina desapareceu em um porão na Universidade Estadual de Iowa.

O Colossus I, de Bletchley Park, que Max Newman e Tommy Flowers completaram em dezembro de 1943 (com ajuda de Alan Turing), foi o primeiro computador digital totalmente eletrônico, programável e operacional. No entanto, não era de propósito geral ou uma máquina completa de Turing; era voltado para o propósito específico de decifrar códigos de guerra alemães.

O Harvard Mark I, de Howard Aiken, construído pela IBM e posto em operação em maio de 1944, era programável, como veremos no próximo capítulo, mas eletromecânico, e não eletrônico.

O ENIAC, completado por Presper Eckert e John Mauchly em novembro de 1945, foi a primeira máquina a incorporar todo o conjunto de características de um computador moderno. Era totalmente eletrônico, super-rápido e podia ser programado por meio de conexões via cabos que podiam ser plugados e desplugados em diferentes unidades. Era capaz de mudar de caminho com base em resultados parciais e se encaixa na definição de uma máquina completa de Turing de propósito geral, o que significa que, em teoria, podia realizar qualquer tarefa. Mais importante,

ele funcionava. "Isso significa muito no caso de uma invenção", Eckert diria mais tarde, comparando a máquina deles com a de Atanasoff. "Você precisa ter um sistema completo e que funcione."[75] Mauchly e Eckert conseguiram que sua máquina realizasse alguns cálculos bastante complexos, e ela foi usada de maneira constante durante anos. Tornou-se a base para a maior parte dos computadores posteriores.

Esse último atributo é importante. Quando damos crédito a uma invenção, determinando quem deve receber mais distinção por parte da história, um critério é observar quais contribuições tiveram mais influência. Inventar implica contribuir com algo para o fluxo da história e afetar o modo como uma inovação ocorre. Usando o impacto histórico como critério, Eckert e Mauchly são os inovadores mais dignos de nota. Quase todos os computadores dos anos 1950 têm suas raízes no ENIAC. A influência de Flowers, Newman e Turing é, em certo sentido, mais difícil de avaliar. O trabalho deles foi mantido sob total confidencialidade, mas os três estiveram envolvidos com os computadores britânicos construídos depois da guerra. Zuse, que estava isolado e sob bombardeio em Berlim, teve ainda menos influência sobre o curso do desenvolvimento do computador em outros lugares. Quanto a Atanasoff, sua principal influência, talvez a única, veio do fato de fornecer algumas inspirações a Mauchly quando ele foi visitá-lo.

A questão relativa a quais inspirações Mauchly recolheu durante sua visita de quatro dias a Atanasoff em Iowa, em junho de 1941, se transformou em uma longa disputa legal. Isso levou a outro critério, mais ligado à lei do que histórico, relativo à avaliação do crédito pela invenção: quem, se é que é o caso, acabou tendo as patentes? No caso dos primeiros computadores, ninguém. Mas esse resultado se deveu a uma batalha jurídica controversa que levou as patentes obtidas por Eckert e Mauchly a serem anuladas.[76]

A saga começou em 1947, quando Eckert e Mauchly, depois de terem saído da Universidade da Pensilvânia, solicitaram uma patente de seu trabalho no ENIAC, que afinal foi concedida (já que o sistema de patentes era bastante lento) em 1964. Na época, a empresa Eckert-Mauchly e seus direitos de patente haviam sido vendidos para a Remington Rand, que se tornou a Sperry Rand; a companhia começou a fazer pressão para que outras empresas pagassem taxas de licenciamento. A IBM e os Laboratórios Bell fizeram acordos, mas a Honeywell hesitou e começou a procurar uma forma de desafiar as patentes. A empresa contratou um jovem advogado, Charles Call, que tinha diploma de engenheiro e havia trabalhado nos Laboratórios Bell. Sua missão era derrubar a patente de Eckert e Mauchly, mostrando que as ideias deles não eram originais.

Indo atrás de uma dica dada por um advogado da Honeywell que havia cursado a Universidade Estadual de Iowa e lido sobre o computador que Atanasoff construíra lá, Call fez uma visita ao inventor em sua casa, em Maryland. Atanasoff ficou encantado

com o conhecimento que Call tinha de seu computador e se mostrou um pouco ressentido por nunca ter recebido muito crédito por ele, e por isso repassou-lhe centenas de cartas e documentos que mostravam que Mauchly havia tirado algumas de suas ideias de sua visita a Iowa. Naquela noite, Call foi de carro a Washington para sentar na última fileira em uma palestra que Mauchly estava dando. Como resposta a uma pergunta sobre a máquina de Atanasoff, o palestrante afirmou que mal a havia examinado. Call percebeu que podia fazer com que Mauchly dissesse isso em um depoimento, e que depois podia desacreditá-lo no julgamento, mostrando os documentos de Atanasoff.

Quando, alguns meses mais tarde, Mauchly descobriu que Atanasoff podia estar ajudando a Honeywell a desafiar suas patentes, ele mesmo visitou-o em Maryland, levando consigo um advogado da Sperry Rand. Foi um encontro embaraçoso. Mauchly afirmou que durante sua visita a Iowa não havia lido com atenção o artigo de Atanasoff nem examinado em detalhes seu computador, e Atanasoff disse com frieza que isso não era verdade. Mauchly ficou para o jantar e tentou cair nas graças do anfitrião, sem resultado.

A questão foi levada a julgamento em uma corte federal de Minneapolis, em junho de 1971, sob responsabilidade do juiz Earl Larson. Mauchly mostrou ser uma testemunha problemática. Alegando memória fraca, pareceu hesitante sobre o que tinha visto durante a visita que fez a Iowa, e várias vezes voltou atrás em afirmações que fizera em seu depoimento anterior, incluindo a de que havia apenas vislumbrado o computador de Atanasoff, parcialmente coberto e à meia-luz. Atanasoff, por outro lado, foi bastante eficiente. Descreveu a máquina que construíra, fez uma demonstração de um modelo e apontou quais de suas ideias Mauchly tinha usado. Ao todo, 77 testemunhas foram chamadas a depor, outras oitenta foram dispensadas, e 32600 provas foram registradas. O julgamento durou mais de nove meses, tornando-se o mais longo da história da justiça federal até então.

O juiz Larson levou mais nove meses para escrever sua decisão final, que foi divulgada em outubro de 1973. Nela, ele determinava que a patente de Eckert e Mauchly sobre o ENIAC era inválida: "Eckert e Mauchly não foram os primeiros a inventar um computador eletrônico digital, tendo derivado seu equipamento daquele do dr. John Vincent Atanasoff".[77] Em vez de recorrer, a Sperry fez um acordo com a Honeywell.[e]

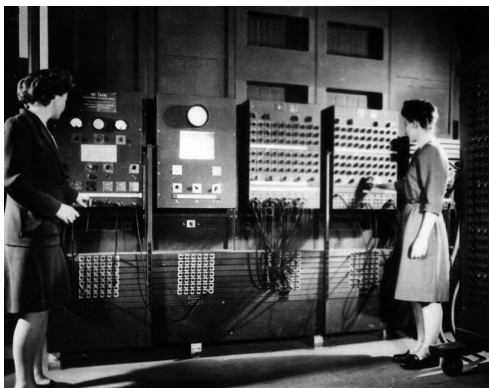
O parecer do juiz, de 248 páginas, era minucioso, mas desconsiderava algumas diferenças significativas entre as máquinas. Mauchly não havia derivado uma parte tão grande de seu trabalho de Atanasoff quanto o juiz parecia pensar. Por exemplo, o circuito eletrônico de Atanasoff usava lógica binária, enquanto o de Mauchly usava o sistema decimal. Se a patente de Eckert-Mauchly não tivesse sido tão abrangente, provavelmente haveria sobrevivido.

O julgamento não determinou, nem mesmo do ponto de vista legal, quem deveria receber qual proporção do crédito pela invenção do computador moderno,

mas teve duas consequências importantes: ressuscitava Atanasoff do porão da história e mostrava de modo muito claro, embora essa não fosse a intenção do juiz ou de qualquer das partes, que as grandes inovações em geral são resultado de ideias que vêm de uma grande quantidade de fontes. Uma invenção, em especial uma invenção complexa como o computador, normalmente não é fruto de uma ideia genial de um indivíduo, e sim de uma tapeçaria de criatividade tecida coletivamente. Mauchly havia feito muitas visitas e falado com muitas pessoas. Isso talvez tenha tornado sua invenção mais difícil de patentear, mas não reduziu o impacto que ela teve.

Mauchly e Eckert deveriam estar no topo da lista das pessoas que merecem crédito pela invenção do computador, não pelo fato de as ideias serem totalmente deles, mas porque tiveram a capacidade de usar ideias de múltiplas fontes, acrescentar suas próprias inovações e executar sua visão ao montar uma equipe competente, e por terem sido os mais influentes no curso dos desenvolvimentos posteriores. A máquina que eles construíram foi o primeiro computador eletrônico de propósito geral. "Atanasoff pode ter vencido uma batalha no tribunal, mas voltou a dar aulas e nós construímos o primeiro computador eletrônico programável de verdade", Eckert ressaltaria mais tarde.[78]

Grande parte do crédito, igualmente, deveria ser atribuída a Turing, por desenvolver um conceito de um computador universal e por ser parte de uma equipe que colocou a mão na massa em Bletchley Park. A ordem em que você classifica as contribuições dos demais depende em parte do critério que for valorizado. Se você gostar da ideia romântica de inventores solitários e se preocupar menos com quem teve mais influência sobre o progresso posterior da computação, pode colocar Atanasoff e Zuse mais no alto. Mas a principal lição a ser aprendida com o nascimento dos computadores é que a inovação normalmente é um esforço coletivo, que envolve a colaboração entre visionários e engenheiros, e que a criatividade vem do aproveitamento de muitas fontes. Apenas nos livros de história as invenções surgem como um relâmpago, ou como uma lâmpada que se acende sobre a cabeça de um indivíduo em um porão, um sótão ou uma garagem.

Howard Aiken e Grace Hopper (1906-92) com uma parte da Máquina Diferencial de Babbage, em Harvard, 1946.

Jean Jennings e Frances Bilas com o ENIAC.

Jean Jennings (1924-2011), 1945.

Betty Snyder (1917-2001), 1944.

a Para a equação $a^n + b^n = c^n$, na qual a, b e c são números inteiros positivos, não existe solução quando n for maior do que 2.
b Todo número inteiro maior do que 2 pode ser expresso pela soma de dois primos.
c Um processo em que um número é dividido por 2 se for par, e é triplicado e ao resultado se soma 1 se for ímpar, ao ser repetido indefinidamente, sempre acabará por ter, como resultado, 1.
d *"Kitchen"*, em inglês. (N. T.)
e Nessa época, Atanasoff estava aposentado. Após a Segunda Guerra Mundial, tinha dedicado sua carreira ao campo da artilharia militar, e não aos computadores. Ele morreu em 1995. John Mauchly continuou sendo um cientista da computação, em parte como consultor da Sperry e como presidente fundador da Associação para Máquinas de Computação. Morreu em 1980. Eckert também permaneceu na Sperry durante a maior parte da carreira. Morreu em 1995.

3. Programação

O desenvolvimento do computador moderno exigiu outro passo importante. Todas as máquinas construídas durante a guerra foram concebidas, pelo menos de início, tendo uma tarefa específica em mente, como resolver equações ou decifrar códigos. Um computador *de verdade*, como o vislumbrado por Ada Lovelace e depois por Alan Turing, deveria ser capaz de realizar, sem interrupção e com rapidez, quaisquer operações lógicas envolvendo dados e símbolos. As operações dessas máquinas, do modo como elas eram pensadas, eram determinadas não só pelo seu hardware como por software, os programas que elas podiam rodar. Mais uma vez, Turing estabeleceu o conceito com clareza: "Não precisamos ter uma infinidade de máquinas diferentes fazendo trabalhos diferentes", ele escreveu em 1948. "Uma única máquina será suficiente. O problema de engenharia de produzir várias máquinas para vários trabalhos é substituído pelo trabalho de gabinete de 'programar' a máquina universal para desempenhar essas tarefas."[1]

Em teoria, máquinas como o ENIAC podiam ser programadas e até ser consideradas de propósito geral. Mas, na prática, carregar um novo programa era um processo trabalhoso que com frequência envolvia fazer manualmente o recabeamento que conectava diferentes unidades do computador. As máquinas do tempo da guerra

não podiam trocar de programa em velocidade eletrônica. Isso exigiria o próximo grande passo na história do computador moderno: descobrir como armazenar programas dentro da memória eletrônica de uma máquina.

GRACE HOPPER

Desde Charles Babbage, os homens que inventaram o computador se concentraram em primeiro lugar no hardware. Mas as mulheres que se envolveram durante a Segunda Guerra Mundial perceberam cedo a importância da programação, assim como havia ocorrido com Ada Lovelace. Elas desenvolveram maneiras de codificar as instruções que diziam ao hardware quais operações realizar. Nesse software estavam as fórmulas mágicas que podiam transformar as máquinas de maneira assombrosa.

A mais pitoresca pioneira da programação foi uma oficial da Marinha corajosa e determinada, mas também encantadora e amistosa, chamada Grace Hopper, que acabou trabalhando para Howard Aiken em Harvard e depois para Presper Eckert e John Mauchly. Nascida Grace Brewster Murray em 1906, ela vinha de uma família próspera no Upper West Side de Manhattan. Seu avô, engenheiro civil, a levava para fazer trabalhos de campo em várias partes de Nova York, a mãe era matemática e o pai, executivo da área de seguros. Ela se formou em Vassar em matemática e em física, depois foi para Yale, onde em 1934 concluiu um doutorado em matemática.[2]

Sua educação não era tão incomum quanto se pode imaginar. Ela foi a 11ª mulher a conseguir um doutorado em Yale, e a primeira vez que isso havia ocorrido fora em 1895.[3] Não era tão inusitado para uma mulher, sobretudo se ela viesse de uma família bem-sucedida, obter um doutorado em matemática nos anos 1930. Na verdade, era mais comum do que seria uma geração mais tarde. O número de norte-americanas que obtiveram doutorado em matemática nos anos 1930 foi de 113, o que representava 15% do total de doutorados em matemática nos Estados Unidos. Durante a década de 1950, apenas 106 norte-americanas concluíram doutorado em matemática, o que representava meros 4% do total. (Na primeira década do século XXI, as coisas haviam mudado bastante, e 1600 mulheres concluíram o doutorado em matemática, 30% do total.)

Depois de se casar com um professor de literatura comparada, Vincent Hopper, Grace se tornou professora em Vassar. Ao contrário da maior parte dos professores de matemática, ela insistia que os seus alunos fossem capazes de escrever bem. Na disciplina de probabilidade que ministrava, ela começava com uma aula sobre uma de suas fórmulas matemáticas favoritas[a] e pedia que os alunos escrevessem uma redação sobre o tema. Os textos deveriam ser escritos com clareza e ter estilo. “Eu fazia várias correções [na redação] e ouvia os alunos dizerem, revoltados, que estavam fazendo um curso de matemática, e não de inglês”, ela se recordaria. “Então eu

explicava que não adiantava tentar aprender matemática sem que eles conseguissem se comunicar com outras pessoas."[4] Ao longo de sua vida, Grace se destacou pela capacidade de traduzir problemas científicos — como os que envolviam trajetórias, fluxos de fluidos, explosões e padrões climáticos — em equações matemáticas e depois em inglês cotidiano. Esse talento a ajudou a ser uma boa programadora.

Em 1940 Grace Hopper estava entediada. Ela não tinha filhos, o casamento era enfadonho e ensinar matemática não era tão gratificante quanto imaginara. Ela tirou uma licença parcial de Vassar para estudar com o renomado matemático Richard Courant na Universidade de Nova York, concentrando-se em métodos para resolver equações diferenciais parciais usando diferenças finitas. Ela ainda estava estudando com Courant quando os japoneses atacaram Pearl Harbor, em dezembro de 1941. A entrada dos Estados Unidos na Segunda Guerra Mundial deu-lhe um caminho para mudar sua vida. Nos dezoito meses que se seguiram, ela saiu de Vassar, divorciou-se do marido e, aos 36 anos, entrou para a Marinha norte-americana. Foi enviada para a Escola de Cadetes da Reserva Naval no Smith College, em Massachusetts, e em junho de 1944 se formou como primeira da classe como tenente Grace Hopper.

Ela presumiu que seria designada para um grupo de criptografia e codificação, mas foi surpreendida ao receber ordens de se apresentar na Universidade Harvard para trabalhar no Mark I, o poderoso computador digital com seus desajeitados relés eletromecânicos e um eixo rotativo motorizado que, como já descrito, havia sido concebido por Howard Aiken em 1937. Na época em que Hopper foi designada para o projeto, a máquina havia sido incorporada à Marinha; Aiken ainda estava no comando, mas como comandante da Marinha, e não como membro do corpo docente de Harvard.

Quando Hopper se apresentou para o trabalho em julho de 1944, Aiken entregou-lhe uma cópia das memórias de Charles Babbage e levou-a para ver o Mark I. "Esta é uma máquina de computação", ele disse. Hopper apenas olhou para a máquina em silêncio por um momento. "Havia um grande volume de maquinário fazendo uma imensa balbúrdia", ela se recordaria. "Os mecanismos eram todos visíveis, a máquina era inteiramente aberta e muito barulhenta."[5] Percebendo que precisaria entender o equipamento todo para poder manuseá-lo de modo adequado, ela passou várias noites analisando o seu projeto. O ponto forte de Hopper veio da sua capacidade de saber traduzir (como fizera em Vassar) problemas do mundo real em equações matemáticas, e de então comunicar essas equações por meio de comandos que a máquina podia entender. "Aprendi linguagens de oceanografia, de todo esse negócio de detecção de minas, de detonadores, de fusíveis de proximidade, de assuntos de biomedicina", explicou.

> Tínhamos de aprender esses vocabulários para podermos trabalhar com os problemas deles. Eu podia mudar para o meu vocabulário e falar de maneira

bastante técnica com os programadores, e depois dizer as mesmas coisas para os administradores poucas horas depois, mas com um vocabulário totalmente diferente.

A inovação exige articulação.

Graças à capacidade dela de se comunicar com precisão, Aiken designou-a para escrever aquilo que se tornaria o primeiro manual de programação de computador do mundo. "Você vai escrever um livro", ele disse um dia, parado ao lado da mesa dela.

"Não sei escrever livros", ela respondeu. "Nunca fiz isso."

"Bom, você está na Marinha agora", ele afirmou. "Você vai escrever um livro."[6]

O resultado foi um volume de quinhentas páginas que incluía tanto uma história do Mark I quanto um guia para programá-lo.[7] O primeiro capítulo descrevia máquinas de calcular anteriores, com ênfase nas que foram construídas por Pascal, Leibnitz e Babbage. O frontispício era uma imagem da parte da Máquina Diferencial de Babbage que Aiken havia encontrado em seu escritório, e Hopper começou o texto com um epigrama do inventor. Ela compreendia, assim como havia acontecido com Ada Lovelace, que a Máquina Analítica de Babbage tinha uma qualidade especial, uma qualidade que ela e Aiken acreditavam distinguir o Mark I de outros computadores da época. Assim como a máquina não construída de Babbage, o Mark I de Aiken, que recebia seus comandos por meio de uma fita perfurada, podia ser reprogramado com novas instruções.

Todas as noites Hopper lia para Aiken as páginas que havia escrito naquele dia, o que a ajudou a aprender um truque simples de bons escritores: "Ele ressaltou que, se você se atrapalha quando vai ler o texto em voz alta, é melhor consertar aquela frase. Todo dia eu lia cinco páginas do que havia escrito".[8] Suas frases se tornaram mais simples, vivas e claras. Com a sólida parceria que formaram, Hopper e Aiken se tornaram a versão moderna, um século depois, de Lovelace e Babbage. Quanto mais Hopper descobria sobre Ada Lovelace, mais se identificava com ela. "Ada escreveu o primeiro loop", Hopper disse. "Nunca vou me esquecer. Nenhum de nós jamais vai esquecer."[9]

As seções históricas do livro de Hopper eram focadas em personalidades. Ao fazer isso, ele enfatizava o papel de indivíduos. Por outro lado, logo depois de Hopper concluí-lo, os executivos da IBM encomendaram sua própria história do Mark I, que dava a maior parte do crédito para as equipes da IBM em Endicott, em Nova York, que haviam construído a máquina. "Para os interesses da IBM, era melhor substituir a história de indivíduos pela da organização", escreveu o historiador Kurt Beyer em um estudo sobre Hopper.

O locus da inovação tecnológica, de acordo com a IBM, era a corporação. O

> mito do inventor solitário radical trabalhando no laboratório ou no porão era substituído pela realidade de equipes anônimas de engenheiros da organização contribuindo com avanços incrementais.[10]

Na versão da IBM para a história, o Mark I continha uma longa lista de pequenas inovações, como o contador do tipo roquete e o alimentador duplo de cartão, que o livro da empresa atribuía a um grupo de engenheiros pouco conhecidos que trabalharam num esquema colaborativo em Endicott.[b]

A diferença entre a versão de Hopper da história e a da IBM era mais profunda do que uma mera disputa sobre quem deveria ter mais crédito. Mostrava essencialmente visões contrastantes da história da inovação. Alguns estudos da tecnologia e da ciência enfatizam, como fez Hopper, o papel de inventores criativos que são responsáveis pelos saltos inovadores. Outros estudos enfatizam o papel de equipes e de instituições, como o trabalho colaborativo feito nos Laboratórios Bell e na unidade da IBM em Endicott. Esta última abordagem tenta mostrar que aquilo que parece ser um salto inovador — o momento Eureca — é na verdade o resultado de um processo evolucionário que ocorre quando ideias, conceitos, tecnologias e métodos de engenharia amadurecem ao mesmo tempo. Nenhum dos modos de compreender o avanço tecnológico é, sozinho, completamente satisfatório. A maior parte das grandes inovações da era digital nasceu de um efeito combinado da criatividade de indivíduos (Mauchly, Turing, Von Neumann, Aiken) com equipes que souberam como implementar as ideias deles.

Quem trabalhava com Hopper na operação do Mark I era Richard Bloch, um graduado em matemática de Harvard que tocava flauta na banda especializada em pregar peças da universidade e que havia servido na Marinha. O guarda-marinha Bloch começara a trabalhar com Aiken três meses antes de Hopper chegar e adotou-a como pupila. "Eu me lembro de ficar com ela, boa parte da noite, mostrando como a máquina trabalhava, como programar a coisa", diria. Ele e Hopper se revezavam em turnos de doze horas cuidando da máquina e de seu não menos temperamental comandante, Aiken. "Às vezes ele aparecia às quatro da manhã", contaria Bloch, "e seu comentário era: 'Estamos produzindo números?'. Ele ficava muito nervoso quando a máquina parava."[11]

A abordagem de Hopper em relação à programação era bastante pragmática. Ela dividia cada problema de física ou cada equação matemática em pequenos passos aritméticos. "Você simplesmente dizia passo a passo ao computador o que fazer", ela explicaria. "Pegue este número e some-o àquele número e coloque a resposta aqui. Agora pegue aquele número e multiplique-o por este número e coloque aqui."[12] Quando o programa era perfurado em uma fita e chegava o momento de testá-lo, a

equipe do Mark I, numa piada que se tornou um ritual, colocava no chão um tapete de oração, virava-se para o Oriente e orava para que o trabalho se mostrasse aceitável.

Às vezes, tarde da noite, Bloch ficava mexendo nos circuitos de hardware do Mark I, o que causava problemas para os programas de software que Hopper havia escrito. Ela tinha uma personalidade forte temperada com a linguagem de um aspirante a oficial, e as sucessivas broncas que dava no esguio Bloch, que permanecia calmo e se divertia com a situação, eram um anúncio da mistura de confronto e camaradagem que se desenvolveria entre os engenheiros de hardware e de software. "Toda vez que eu fazia um programa funcionar, ele ia lá à noite e mudava os circuitos no computador e na manhã seguinte o programa não rodava", ela lamentaria. "E, pior, ele estava em casa dormindo e não tinha como me dizer o que tinha feito." Como Bloch diria, "o mundo se tornava um inferno" quando isso acontecia. "Aiken não via essas coisas com muito senso de humor."[13]

Tais episódios deram a Hopper a fama de irreverente. E ela era. Mas também tinha a capacidade de um programador de software de combinar irreverência com um espírito colaborativo. Essa camaradagem digna de uma tripulação de navio pirata — algo que Hopper compartilhou com as gerações seguintes de programadores — na verdade era mais libertadora do que problemática para ela. Como Beyer escreveria, "eram as capacidades colaborativas de Hopper, mais do que sua natureza rebelde, que criavam espaço para seu pensamento e sua ação independentes".[14]

Na verdade, era o calmo Bloch que tinha a relação mais tumultuada com o comandante Aiken, e não a irascível Hopper. "Dick estava sempre arranjando problemas", Hopper diria. "Eu tentava lhe explicar que Aiken era exatamente como um computador. Está cabeado de certo modo, e se você vai trabalhar com ele, precisa entender como ele funciona." [15] Aiken, que de início hesitou em ter uma mulher como oficial em sua equipe, logo fez de Hopper não apenas sua principal programadora como também sua representante imediata. Anos mais tarde, ele lembraria com carinho as contribuições que ela deu para o nascimento da programação de computador. "Grace era um bom homem", declarou.[16]

Entre as práticas de programação que Hopper aperfeiçoou estava a sub-rotina, aqueles trechos de código destinados a tarefas específicas que são armazenados uma vez, mas que podem ser retomados quando necessário em partes diferentes do programa. "Uma sub-rotina é um programa claramente definido, facilmente simbolizado, frequentemente repetido", ela escreveu. "O Harvard Mark I continha sub-rotinas para o seno de x, para o log10x e para 10^x, e cada uma podia ser inserida no programa por um único código operacional."[17] Tratava-se de um conceito que Ada Lovelace tinha originalmente descrito em suas "Notas" sobre a Máquina Analítica. Hopper montava uma biblioteca cada vez maior dessas sub-rotinas. Ela também desenvolveu, enquanto programava para o Mark I, o conceito de um compilador, que

iria um dia facilitar a escrita de um mesmo programa para várias máquinas por meio da criação de um processo de tradução do código-fonte para a linguagem de máquina usada por diferentes processadores de computador.

Além disso, sua equipe ajudou a popularizar os termos "bug" e "debugging". A versão Mark II do computador de Harvard ficava em um prédio sem telas nas janelas. Certa noite, a máquina entrou em pane e a equipe começou a procurar o problema. Eles encontraram uma mariposa com uma asa de dez centímetros que havia ficado presa em um dos relés eletromecânicos. Ela foi retirada e colada no livro de registros com fita adesiva. "Painel F (mariposa) no relé", dizia a anotação. "Primeiro caso real de inseto [*bug*] encontrado."[18] Daí em diante eles passaram a chamar a operação de procurar problemas de "fazer *debugging* na máquina".[c]

Em 1945, em grande parte graças a Hopper, o Harvard Mark I era o grande computador mais facilmente programável do mundo. Ele podia mudar de tarefa apenas recebendo novas instruções por meio de fita de papel perfurada, sem exigir uma reconfiguração de seu hardware ou de seus cabos. No entanto, essa distinção passou quase despercebida, tanto na época quanto na história, em razão de o Mark I (e até seu sucessor de 1947, o Mark II) usar relés eletromecânicos lentos e móveis em vez de contar com componentes eletrônicos como válvulas termiônicas. "Na época ninguém sabia nada sobre ela", diria Hopper a respeito do Mark II, "ela era obsoleta, e todo mundo estava passando a usar eletrônica."[19]

Inovadores do computador, como outros pioneiros, podem ficar para trás se se mantiverem sempre no mesmo caminho. As mesmas características que fazem com que eles sejam inventivos, como a teimosia e o foco, podem torná-los resistentes à mudança quando surgem novas ideias. Steve Jobs era célebre pela teimosia e pelo foco, mas mesmo assim impressionou e desconcertou os colegas ao mudar de ideia de repente quando percebeu que precisava pensar de maneira diferente. Aiken não teve essa agilidade. Ele não era rápido o bastante para dar piruetas. Tinha o instinto de um comandante naval para manter a autoridade centralizada, de modo que a sua equipe não tinha a mesma liberdade da equipe de Mauchly e Eckert. Aiken também preferia a confiabilidade à velocidade. E, assim, mantinha-se fiel ao uso de relés eletromecânicos, que já tinham mais tempo de teste e eram mais confiáveis, mesmo depois de ter ficado claro para o pessoal da Universidade da Pensilvânia e de Bletchley Park que as válvulas termiônicas eram a onda do futuro. O Mark I de Aiken podia realizar apenas três comandos por segundo, enquanto o ENIAC, que estava sendo construído, executaria 5 mil comandos nesse tempo.

Quando foi à Universidade da Pensilvânia para ver o ENIAC e assistir a algumas palestras, "Aiken se manteve preso a seu próprio modo de fazer as coisas", informou um relatório sobre a reunião, "e não parece ter percebido a importância das novas máquinas eletrônicas."[20] O mesmo podia ser dito de Hopper quando ela visitou o ENIAC em 1945. Ela teve a impressão de que o Mark I era superior por ser mais facilmente programável. Com o ENIAC, ela dizia, "você plugava as peças e

essencialmente construía um computador específico para cada tarefa, e estávamos acostumados com o conceito de programar e controlar o computador por meio de nosso programa".[21] O tempo necessário para programar o ENIAC, que podia ser de um dia inteiro, acabava com sua vantagem na velocidade de processamento, a não ser que ele continuasse fazendo repetidas vezes a mesma tarefa.

Mas, ao contrário de Aiken, Hopper tinha a mente suficientemente aberta para logo mudar de visão. Estavam sendo feito avanços naquele ano que levariam o ENIAC a ser reprogramado com mais rapidez. E as pessoas que estavam na linha de frente da revolução da programação, para a felicidade de Hopper, eram mulheres.

AS MULHERES DO ENIAC

Todos os engenheiros que construíram o ENIAC eram homens. Um grupo de mulheres, especificamente seis, foi menos exaltado pela história, mas provou ser quase tão importante quanto eles no desenvolvimento da computação moderna. Enquanto o ENIAC estava sendo construído em 1945, pensava-se que ele desempenharia um conjunto específico de cálculos repetidamente, como determinar a trajetória de um míssil usando variáveis diferentes. O fim da guerra, contudo, significava que a máquina era necessária para muitos outros tipos de cálculos — ondas sônicas, padrões climáticos e o poder de explosão de novos tipos de bombas atômicas —, que exigiriam que a máquina fosse reprogramada com frequência.

Isso exigia um remanejamento manual no ninho de rato que eram os cabos do ENIAC para reconfigurar suas chaves. De início a programação parecia ser uma rotina, talvez uma tarefa mensal, o que pode ter sido o motivo para que ela tenha sido relegada a mulheres, que na época não eram incentivadas a se tornar engenheiras. Mas o que as mulheres do ENIAC logo demonstrariam, e que os homens mais tarde vieram a entender, era que programar um computador podia ser tão importante quanto o projeto de seu hardware.

A história de Jean Jennings é ilustrativa das primeiras programadoras de computador.[22] Ela nasceu em uma fazenda na periferia de Alanthus Grove, no Missouri (população: 104 habitantes), em uma família que quase não tinha dinheiro e que dava um tremendo valor à educação. Seu pai era professor em uma escola de apenas uma sala, onde Jean se tornou a única menina e a principal arremessadora do time de *softball*. Sua mãe, embora tivesse abandonado a escola na oitava série, ajudava a ensinar álgebra e geometria. Jean era a sexta de sete filhos, e todos eles foram para a faculdade. Isso numa época em que os governos estaduais valorizavam a educação e percebiam o valor econômico e social de tornar o ensino acessível a todos. Jean frequentou a Faculdade de Pedagogia da Northwest Missouri State, em Maryville,

onde a anuidade era de 76 dólares. (Em 2013, a anuidade era de cerca de 14 mil dólares para quem morava no estado, um valor doze vezes maior *depois* da correção pela inflação.) Ela começou a estudar jornalismo, mas odiava a orientadora e decidiu mudar para matemática, que adorava.

Quando concluiu o curso em janeiro de 1945, o professor de cálculo mostrou-lhe um panfleto que anunciava vagas de emprego para mulheres formadas em matemática na Universidade da Pensilvânia, onde as mulheres estavam trabalhando como "computadoras" — humanos que desempenhavam tarefas matemáticas rotinizadas, sobretudo o cálculo de tabelas de trajetórias de artilharia para o Exército. Um dos anúncios dizia:

> Procura-se: Mulheres com Diploma em Matemática [...]. Oferecem-se a mulheres vagas nas áreas de ciência e engenharia que antes eram oferecidas de preferência a homens. Esta é a hora de pensar em ter um emprego em ciência e engenharia [...]. Você vai descobrir que o slogan lá, como em todo lugar, é: "PROCURA-SE MULHERES!".[23]

Jennings, que nunca havia saído do Missouri, fez sua inscrição. Quando recebeu um telegrama informando que havia sido aceita, embarcou no trem da meia-noite para o leste e chegou na Penn quarenta horas depois. "Não é preciso dizer que eles ficaram chocados por eu chegar lá tão rápido", ela se lembraria.[24]

Quando Jennings entrou em cena, em março de 1945, aos vinte anos, havia cerca de setenta mulheres na Penn trabalhando em máquinas de calcular de mesa e rabiscando números em imensas folhas de papel. A esposa do capitão Herman Goldstine, Adele, era responsável pelo recrutamento e pelo treinamento. "Nunca vou me esquecer da primeira vez em que vi Adele", Jennings diria. "Ela andava devagar, cheia de classe, com um cigarro pendurado no canto da boca, ia até uma mesa, passava uma das pernas por cima de uma das quinas e começava a falar com seu sotaque do Brooklin ligeiramente suavizado." Para Jennings, que havia crescido como uma corajosa moleca que reagia aos infinitos casos de sexismo que enfrentou, era uma experiência transformadora. "Eu sabia que estava bem longe de Maryville, onde as mulheres tinham de fugir de forma sorrateira e ir até a estufa para poder fumar."[25]

Poucos meses depois de ela chegar, um memorando circulou entre as mulheres informando sobre seis vagas de emprego para trabalhar em uma misteriosa máquina que ficava a portas fechadas no primeiro andar da Escola Moore de Engenharia, da Penn. "Eu não tinha ideia do que era o emprego ou do que era o ENIAC", Jennings recordaria. "Só o que eu sabia era que podia ir para o térreo para fazer algo novo e acreditava que podia aprender e fazer qualquer coisa tão bem quanto qualquer outra pessoa." Ela também estava querendo fazer algo mais empolgante do que calcular trajetórias.

Quando ela chegou para a entrevista, Goldstine perguntou o que ela sabia sobre eletricidade. "Eu disse que tinha feito uma disciplina de física e que eu sabia que E era igual a IR", ela se lembraria, fazendo referência à Lei de Ohm, que define como um fluxo de corrente elétrica se relaciona com a voltagem e com a resistência. "Não, não", Goldstine respondeu. "Eu não me importo com isso, mas quero saber se você tem medo de eletricidade."[26] O emprego envolvia plugar cabos e lidar com muitas chaves, ele explicou. Jennings disse que não tinha medo. Enquanto estava sendo entrevistada, Adele Goldstine entrou, olhou para ela e acenou. Jennings havia sido escolhida.

Além de Jean Jennings (que mais tarde mudaria o sobrenome para Bartik), o grupo era formado por Marlyn Wescoff (mais tarde Meltzer), Ruth Lichterman (mais tarde Teitelbaum), Betty Snyder (mais tarde Holberton), Frances Bilas (mais tarde Spence), e Kay McNulty (que depois se casou com John Mauchly). Elas constituíam um típico esquadrão unido pela guerra: Wescoff e Lichterman eram judias, Snyder era quacre, McNulty era católica nascida na Irlanda e Jennings tinha sido criada na Igreja Unida de Cristo, protestante, embora não fosse crente. "Nós nos divertíamos bastante umas com as outras, sobretudo porque nenhuma de nós tinha tido antes contato próximo com pessoas de outras religiões", segundo Jennings. "Tínhamos grandes discussões sobre verdades e crenças religiosas. Apesar de nossas diferenças, ou talvez por causa delas, realmente gostávamos umas das outras."[27]

No verão de 1945, as seis foram enviadas para o Campo de Provas de Aberdeen para aprender a usar os cartões perfurados da IBM e a cabear os quadros de distribuição. "Tínhamos grandes discussões sobre religião, nossas famílias, política e sobre nosso trabalho", lembraria McNulty. "Nunca ficávamos sem ter sobre o que conversar."[28] Jennings se tornou líder do grupo: "Trabalhávamos juntas, vivíamos juntas, comíamos juntas e ficávamos até tarde falando sobre tudo".[29] Como todas eram solteiras e cercadas de muitos soldados solteiros, houve diversos romances memoráveis alimentados pelos coquetéis Tom Collins nas mesas do clube de oficiais. Wescoff encontrou um fuzileiro naval que era "alto e bem bonito". Jennings formou par com um sargento do Exército chamado Pete, "atraente, mas não realmente bonito". Ele era do Mississippi, e ela deixou clara sua objeção à segregação racial. "Pete me disse uma vez que nunca me levaria para Biloxi porque eu falava sem rodeios de meus pontos de vista sobre discriminação e acabaria sendo assassinada."[30]

Depois de seis semanas de treinamento, as seis programadoras relegaram seus namorados a arquivos de memória e voltaram à Penn, onde receberam diagramas e gráficos do tamanho de pôsteres descrevendo o ENIAC. "Alguém nos entregou toda uma pilha de lâminas de projeto, e lá estavam todos os diagramas de cabeamento de todos os quadros de distribuição, e eles disseram: 'Olhem aqui, descubram como a máquina funciona e depois descubram como programá-la'", explicou McNulty.[31] Isso

exigiu que elas analisassem as equações diferenciais e depois determinassem como configurar os cabos para conectá-los aos circuitos eletrônicos certos. "A maior vantagem de aprender sobre o ENIAC a partir de diagramas foi que começamos a entender o que ele podia e o que não podia fazer", contou Jennings. "Como resultado, éramos capazes de diagnosticar problemas indo fundo quase a ponto de identificar cada uma das válvulas." Ela e Snyder inventaram um sistema para descobrir qual das 18 mil válvulas havia queimado. "Como conhecíamos tanto a aplicação quanto a máquina, aprendemos a diagnosticar problemas tão bem quanto os engenheiros, talvez melhor do que eles. Vou lhe dizer, os engenheiros adoravam isso. Eles podiam deixar essa tarefa para nós."[32]

Snyder descreveu como foram feitos diagramas e gráficos cuidadosos de cada nova configuração de cabos e chaves. "O que estávamos fazendo na época era o começo de um programa", ela diria, embora elas ainda não contassem com uma palavra para isso. Elas escreveram cada nova sequência no papel para se proteger. "Todas achávamos que seríamos escalpeladas se estragássemos o quadro de distribuição", diria Jennings.[33]

Um dia Jennings e Snyder estavam sentadas na sala de aula do segundo andar que haviam solicitado, olhando para folhas abertas contendo diagramas das várias unidades do ENIAC, quando um homem entrou para inspecionar a construção. "Olá, meu nome é John Mauchly", ele disse. "Eu só estava checando para ver se está tudo bem." Nenhuma delas havia topado com o visionário criador do ENIAC antes, mas elas não ficaram nem um pouco constrangidas ou intimidadas. "Rapaz, como estamos felizes de conhecer você", Jennings disse. "Conte para nós como esse maldito acumulador funciona." Mauchly respondeu cuidadosamente a essa pergunta e depois a outras. Quando elas acabaram, ele disse: "Bem, meu escritório fica aqui ao lado. Portanto, sempre que eu estiver lá, vocês podem me procurar e fazer perguntas".

Quase toda tarde, elas faziam isso. De acordo com Jennings, "ele era um professor maravilhoso". Levou as mulheres a vislumbrar as muitas coisas que o ENIAC poderia fazer, além de calcular trajetórias de artilharia. Ele sabia que, para fazer um computador verdadeiramente de propósito geral, seria necessário inspirar programadores que pudessem tornar o hardware capaz de realizar várias tarefas. "Ele sempre tentava nos fazer pensar em outros problemas", diria Jennings. "Sempre queria que invertêssemos a matriz ou algo assim."[34]

Mais ou menos na mesma época em que Hopper estava fazendo isso em Harvard, as mulheres do ENIAC estavam desenvolvendo o uso de sub-rotinas. Elas se sentiam incomodadas pelo fato de os circuitos lógicos não terem capacidade para calcular algumas trajetórias. Foi McNulty quem bolou uma solução. "Ah, já sei, já sei, já sei", ela disse, empolgada, certo dia. "Podemos usar um programador master para repetir código." Elas tentaram e deu certo. "Começamos a pensar em como podíamos ter sub-rotinas, e sub-rotinas aninhadas, e todas essas coisas", recordaria Jennings.

> Era bastante prático em termos de resolver esse problema de trajetória, por causa da ideia de não ter de repetir todo um programa, você podia repetir apenas partes dele e configurar o programador master para isso. Depois que você tivesse aprendido a fazer isso, aprenderia a projetar seu programa em módulos. Criar módulos e desenvolver sub-rotinas era na verdade crucial para aprender a programar.[35]

Pouco antes de morrer, em 2011, Jean Jennings Bartik refletiu com orgulho sobre o fato de que todas as programadoras que criaram o primeiro computador de propósito geral eram mulheres: "Apesar de termos vivido em uma época em que as oportunidades de carreira para nós eram em geral bastante restritas, ajudamos a iniciar a era do computador". Isso aconteceu porque muitas mulheres lá atrás haviam estudado matemática e suas habilidades estavam sendo solicitadas. Também havia uma ironia em tudo isso: os meninos, com seus brinquedos, pensaram que montar o hardware era a tarefa mais importante, e portanto um trabalho para homens. "A ciência e a engenharia norte-americanas eram ainda mais sexistas do que hoje", diria Jennings. "Se os administradores do ENIAC soubessem o quanto a programação seria essencial para o funcionamento do computador eletrônico e o quanto isso seria complexo, eles talvez ficassem mais hesitantes em dar um papel dessa importância a mulheres."[36]

PROGRAMAS ARMAZENADOS

Desde o início, Mauchly e Eckert compreenderam que havia modos de tornar o ENIAC mais fácil de reprogramar. Mas eles não tentaram fazê-lo, porque isso exigiria que criassem hardware mais complexo, e porque tal medida não era necessária para as tarefas que eles vislumbraram de início. "Não foi feita nenhuma tentativa de prever um modo de resolver um problema automaticamente", escreveram no relatório anual sobre o progresso do ENIAC no final de 1943. "Isso se dá em nome da simplicidade e porque antecipamos que ele será usado sobretudo para problemas de um tipo em que uma configuração será usada muitas vezes antes de outro problema ser inserido na máquina."[37]

Porém, mais de um ano antes de o ENIAC ficar pronto, na verdade já mesmo no início de 1944, Mauchly e Eckert perceberam que havia um bom modo de fazer com que os computadores fossem facilmente reprogramáveis: armazenar os programas dentro da memória do computador em vez de carregá-los a cada vez. Isso, eles sentiram, seria o próximo grande avanço no desenvolvimento do computador. Essa arquitetura de "programa armazenado" significaria que as tarefas da máquina poderiam ser mudadas quase que de maneira instantânea, sem precisar reconfigurar

manualmente cabos e chaves.[38]

Para armazenar um programa dentro da máquina, eles precisariam criar uma grande capacidade de memória. Eckert pensou em vários métodos para fazer isso. "Essa programação pode ser de um tipo temporário feita em discos de metal ou do tipo permanente em discos gravados em água-forte", escreveu em um memorando de janeiro de 1944.[39] Como esses discos ainda eram muito caros, ele propôs que em seu lugar fosse usado, na versão seguinte do ENIAC, um método mais barato de armazenagem, que foi apelidado de linha de retardo acústica. De início, o método havia sido usado nos Laboratórios Bell por um engenheiro chamado William Shockley (sobre quem falaremos muito mais adiante) e desenvolvido no MIT. Uma linha acústica de retardo funcionava armazenando dados como pulsos em um longo tubo preenchido com um líquido denso e lento, como mercúrio. Em uma ponta do tubo, um sinal elétrico carregando um trecho de informação seria convertido por um plug de quartzo em um pulso que permaneceria ondulando para um lado e para o outro no tubo durante um período. As ondulações podiam ser reavivadas eletronicamente, pelo tempo que fosse necessário. Quando chegasse a hora de recuperar os dados, o plug de quartz converteria de novo a ondulação em um sinal elétrico. Cada tubo podia trabalhar com cerca de mil trechos de informação a 1% do custo que se teria com o uso de circuitos com válvulas termiônicas. O sucessor do ENIAC na geração seguinte, segundo Eckert e Mauchly escreveram em um memorando no verão de 1944, deveria ter prateleiras com tubos de linha de retardo de mercúrio desse tipo para armazenar tanto dados quanto informações rudimentares de programação em formato digital.

JOHN VON NEUMANN

A essa altura, um dos personagens mais interessantes da história da computação volta à cena: John von Neumann, o matemático nascido na Hungria que foi mentor de Turing em Princeton e lhe ofereceu uma vaga de assistente. Intelectual culto, urbano e entusiástico, ele deu grandes contribuições para a estatística, a teoria dos conjuntos, a geometria, a mecânica quântica, o projeto de armas nucleares, a dinâmica de fluidos, a teoria dos jogos e a arquitetura do computador. Ele acabaria implementando melhorias à arquitetura de programas armazenados que Eckert, Mauchly e os colegas deles tinham começado a imaginar e acabaria tendo seu nome associado a essa ideia, pela qual levaria boa parte do crédito.[40]

Von Neumann nasceu em uma próspera família judia em Budapeste, em 1903, durante um período de bonança depois de o Império Austro-Húngaro ter abolido as leis contra os judeus. O imperador Francisco José concedeu em 1913 um título hereditário ao banqueiro Max Neumann pelo "serviço meritório no campo financeiro", permitindo assim que a família fosse chamada de Margittai Neumann ou,

em alemão, Von Neumann. János (conhecido como Jancsi e, mais tarde, nos Estados Unidos, como John ou Johnny) era o mais velho de três irmãos, todos convertidos ao catolicismo ("por conveniência", um deles admitiu) após a morte do pai.[41]

Von Neumann foi outro inovador que permaneceu na interseção das humanidades com a ciência. "Meu pai era um poeta amador e acreditava que a poesia podia transmitir não apenas emoções como também ideias filosóficas", lembraria Nicholas, irmão de John. "Ele via a poesia como uma linguagem dentro da linguagem, uma ideia que pode ser vista nas especulações futuras de John sobre as linguagens do computador e do cérebro." Sobre a mãe, ele escreveu: "Ela acreditava que a música, a arte e os prazeres relacionados à estética tinham um lugar importante na nossa vida, que a elegância era uma qualidade que devia ser reverenciada".[42]

Existem muitas histórias sobre a genialidade prodigiosa de Von Neumann, algumas delas talvez verdadeiras. Aos seis anos, contavam mais tarde, ele fazia piadas com o pai em grego clássico e conseguia fazer divisões com dois números de oito dígitos de cabeça. Em festas, fazia um truque que consistia em decorar uma página da lista telefônica e depois recitar os nomes e os números, e ele conseguia lembrar literalmente páginas de romances ou de artigos que havia lido em um dos cinco idiomas que falava. "Se alguma raça de super-humanos mentalmente superiores se desenvolver algum dia", disse uma vez Edward Teller, o inventor da bomba de hidrogênio, "seus integrantes serão semelhantes a John von Neumann."[43]

Além de ir à escola, ele tinha tutores particulares tanto para a área de matemática quanto para línguas, e aos quinze anos seu domínio sobre cálculo avançado era completo. Quando o comunista Béla Kun tomou o poder por um breve período na Hungria em 1919, a tutela de Von Neumann foi transferida para Viena e para um resort no Adriático, e o rapaz desenvolveria uma aversão pelo resto da vida ao comunismo. Ele estudou química no Instituto Federal de Tecnologia da Suíça em Zurique (que Einstein havia frequentado) e matemática tanto em Berlim quando em Budapeste, obtendo seu doutorado em 1926. Em 1930, foi para a Universidade de Princeton para ensinar física quântica, e lá permaneceu depois de ser escolhido (junto com Einstein e Gödel) para ser um dos professores fundadores do Instituto de Estudos Avançados.[44]

Von Neumann e Turing, que se conheceram em Princeton, seriam vistos como os dois grandes teóricos do computador de propósito geral, mas em personalidade e em temperamento eles eram opostos binários. Turing levava uma vida espartana, dormia em pensões e albergues, e em geral era introspectivo; Von Neumann era um *bon vivant* elegante que, junto com a esposa, era o anfitrião de festas glamorosas uma ou duas vezes por semana em sua imensa casa em Princeton. Turing era um corredor de longas distâncias; há pouquíssimas ideias que se pode dizer que nunca passaram pela cabeça de Von Neumann, mas correr longas distâncias (ou mesmo curtas) era uma delas. "Quanto às vestimentas e aos costumes, ele tinha tendência ao desleixo", a mãe de Turing disse uma vez do filho. Von Neumann, ao contrário, vestia terno quase o

tempo todo, até enquanto montava um burrinho no Grand Canyon; mesmo quando estudante, andava tão bem vestido que, conta-se, depois de encontrá-lo pela primeira vez, o matemático David Hilbert teria feito apenas uma pergunta: "Quem é o alfaiate dele?".[45]

Von Neumann adorava contar piadas e citar versinhos picantes em vários idiomas em suas festas, e comia com tanto gosto que, segundo disse sua esposa uma vez, era capaz de contar qualquer coisa, menos calorias. Ele dirigia carros de maneira tão despreocupada que chegava a ser quase imprudente e às vezes causava acidentes, e gostava de Cadillacs brilhando de novos. "Todo ano ele comprava pelo menos um novo, independente de ter batido o anterior ou não", escreveu o historiador da ciência George Dyson.[46]

Enquanto estava no instituto no final dos anos 1930, Von Neumann passou a se interessar por maneiras de modelar matematicamente ondas de explosão. Isso o levou a tornar-se, em 1943, um integrante do Projeto Manhattan, viajando com frequência para as instalações secretas em Los Alamos, no Novo México, onde estavam sendo desenvolvidas armas atômicas. Como não havia urânio-235 suficiente para construir mais do que uma bomba, os cientistas em Los Alamos também estavam tentando projetar um equipamento que usasse plutônio-239. Von Neumann se concentrou em maneiras de construir uma lente explosiva que comprimisse o centro de plutônio da bomba para criar massa crítica.[d]

Avaliar esse conceito de implosão exigia resolver uma enxurrada de equações que poderiam calcular a taxa de fluxo da compressão do ar ou de outros materiais que iria ocorrer após uma explosão. Assim, Von Neumann embarcou em uma missão para compreender o potencial dos computadores de alta velocidade.

Durante o verão de 1944, esse périplo o levou aos Laboratórios Bell para estudar as versões atualizadas da Calculadora de Números Complexos, de George Stibitz. A versão mais recente trazia uma inovação que o deixou particularmente impressionado: a fita perfurada que levava as instruções para cada tarefa também incluía os dados, tudo misturado. Ele também passou algum tempo em Harvard, tentando determinar se o Mark I, de Howard Aiken, podia ajudar nos cálculos da bomba. Durante todo o verão e o outono daquele ano, viajou de trem entre Harvard, Princeton, os Laboratórios Bell e Aberdeen, atuando como uma abelha das ideias, polinizando e repolinizando várias equipes com as ideias que haviam ficado na sua cabeça à medida que ele voava entre as colmeias. Assim como John Mauchly havia viajado coletando ideias que levaram ao primeiro computador eletrônico funcional, Von Neumann vagou por vários lugares reunindo elementos e conceitos que se tornaram parte da arquitetura do computador com programas armazenados.

Em Harvard, Grace Hopper e seu parceiro de programação, Richard Bloch, arranjaram um lugar para que Von Neumann trabalhasse na sala de reuniões bem ao lado do Mark I. Von Neumann e Bloch escreviam equações no quadro-negro e as inseriam na máquina, e Hopper lia os resultados parciais quando eles eram

despejados do computador. Quando a máquina estava "produzindo números", Von Neumann com frequência saía da sala de reuniões e previa quais seriam os resultados. Hopper contaria, entusiasmado:

> Nunca vou me esquecer daquela aparição vinda dos bastidores e depois uma nova aparição e dos números sendo postos no quadro-negro, e de Von Neumann prevendo quais seriam os números do resultado e, em 99% das vezes, com uma precisão enorme — fantástico. Ele parecia saber como a computação estava ocorrendo, ou sentir como ela estava ocorrendo.[47]

Von Neumann impressionou a equipe de Harvard com sua abertura para a colaboração. Ele absorvia as ideias do grupo, levava crédito por algumas delas, mas também deixava claro que ninguém podia ser dono de qualquer conceito. Quando chegou a hora de escrever um relatório sobre o que eles estavam fazendo, Von Neumann insistiu que o nome de Bloch aparecesse primeiro. "Eu realmente não achava que merecia aquilo; mas foi assim que saiu, e prezo isso", diria Bloch.[48] Aiken também era aberto à troca de ideias. "Não se preocupe com a possibilidade de alguém roubar uma ideia", disse uma vez a um estudante. "Se ela for original, você vai ter de enfiá-la goela abaixo das pessoas." Mesmo ele, porém, estava impressionado, e um tanto desconfortável, com a atitude tranquila de Von Neumann em relação a dar crédito a quem merecia. "Ele falava sobre conceitos sem se preocupar com sua origem", diria Aiken.[49]

O problema que Von Neumann enfrentou em Harvard era que o Mark I, com suas chaves eletromecânicas, era excruciantemente lento. Ele levaria meses para fazer os cálculos de sua bomba atômica. Embora a fita de papel fosse útil para reprogramar o computador, era necessário trocar as fitas manualmente cada vez que era preciso usar uma sub-rotina. Von Neumann se convenceu de que a única solução era construir um computador que trabalhasse com velocidade eletrônica e que pudesse armazenar e modificar programas na memória interna.

Portanto, ele estava pronto para se tornar parte do próximo grande avanço: o desenvolvimento de um computador com memória armazenada. Assim, foi um feliz acaso que, no final de agosto de 1944, ele tenha se encontrado com alguém na plataforma da estação de trem do Campo de Provas de Aberdeen.

VON NEUMANN NA PENN

O capitão Herman Goldstine, o contato do Exército que estava trabalhando com Mauchly e Eckert no ENIAC, estava por acaso na mesma plataforma de Aberdeen esperando o trem para o norte. Ele nunca tinha encontrado Von Neumann, mas o

reconheceu no mesmo instante. Goldstine tinha uma tendência a ficar empolgado ao encontrar pessoas brilhantes, e ficou feliz por aquilo que no mundo da matemática passaria por um encontro com uma celebridade. "Portanto, foi com considerável temeridade que me aproximei dessa figura mundialmente célebre, me apresentei e comecei a falar", ele se lembraria. "Felizmente para mim, Von Neumann era uma pessoa agradável, amistosa, que fazia tudo que estava a seu alcance para deixar as pessoas à vontade." A conversa ficou mais intensa quando Von Neumann descobriu o que Goldstine andava fazendo.

> Quando ficou claro para Von Neumann que eu estava ocupado com o desenvolvimento de um computador eletrônico capaz de fazer 333 multiplicações por segundo, todo o clima da conversa mudou, passando de um diálogo tranquilo e bem-humorado para algo que se pareceu mais com uma prova oral para a obtenção de um doutorado em matemática.[50]

A pedido de Goldstine, Von Neumann visitou a Penn poucos dias depois para ver o ENIAC, que estava em fase de construção. Presper Eckert estava curioso para conhecer o famoso matemático, e tinha em mente um teste para verificar se ele era "mesmo um gênio": ver se sua primeira pergunta seria sobre a estrutura lógica da máquina. Quando essa foi realmente a primeira questão feita por Von Neumann, ele ganhou o respeito de Eckert.[51]

O ENIAC conseguia resolver em menos de uma hora uma equação diferencial parcial na qual o Mark I, de Harvard, gastaria perto de oito horas. Isso impressionou Von Neumann. No entanto, reprogramar o ENIAC para realizar tarefas diferentes podia levar horas, e Von Neumann percebeu o quanto essa desvantagem era grave quando se tratava de resolver vários problemas diferentes. Mauchly e Eckert vinham trabalhando durante todo o ano de 1944 em maneiras de armazenar programas dentro da máquina. A chegada de Von Neumann, transbordando ideias trazidas de Harvard, dos Laboratórios Bell e de outros lugares, elevou o pensamento sobre computadores com programas armazenados a um novo patamar.

Von Neumann, que se tornou consultor da equipe do ENIAC, insistiu na ideia de que o programa de computador deveria ser armazenado na mesma memória que os dados, de modo que pudesse ser modificado com facilidade enquanto rodava. Seu trabalho começou na primeira semana de setembro de 1944, quando Mauchly e Eckert lhe explicaram o funcionamento da máquina em detalhes e disseram o que pensavam sobre criar, na próxima versão, "um equipamento de armazenamento com locais endereçáveis" que serviria como uma memória tanto para os dados quanto para as instruções de programação. Como Goldstine disse em uma carta para seu superior do Exército naquela semana: "Propomos um equipamento centralizado de programação em que a sequência programada seja armazenada de forma codificada nos

mesmos tipos de equipamento de armazenamento sugeridos acima".[52]

A série de encontros de Von Neumann com a equipe do ENIAC, e em especial as quatro sessões formais que ele teve com o grupo na primavera de 1945, foram de tal importância que havia minutas com o título "Encontros com Von Neumann". Andando de um lado para outro em frente a um quadro-negro e liderando o debate nos moldes de um moderador socrático, ele absorvia ideias, refinava-as e então as escrevia no quadro. "Ele ficava na frente da sala como um professor que estivesse nos consultando", lembraria Jean Jennings. "Levávamos a ele um problema específico que estávamos enfrentando e sempre tomávamos muito cuidado para que as questões representassem problemas fundamentais que estivéssemos tendo, e não apenas problemas mecânicos."[53]

Von Neumann era franco, mas intelectualmente intimidador. Quando dizia algo, era difícil que alguém rebatesse. Jennings, no entanto, às vezes o fazia. Um dia ela contestou um argumento dele, e os homens da sala olharam incrédulos para ela. Von Neumann, porém, fez uma pausa, inclinou a cabeça e aceitou seu argumento. Von Neumann era bom ouvinte e também havia dominado a insinuante arte de fingir humildade.[54] "Ele era uma impressionante combinação de um homem brilhante que sabe que é brilhante, mas que ao mesmo tempo é muito modesto e tímido em relação a apresentar suas ideias para os outros", de acordo com Jennings. "Era bastante inquieto e ficava andando para lá e para cá na sala, e no entanto, quando apresentava suas ideias, era quase como se estivesse pedindo desculpas por discordar de você ou por ter uma ideia melhor."

Von Neumann foi particularmente bom ao inventar os fundamentos da programação de computador, que nessa época ainda era algo mal definido, que pouco havia avançado no século transcorrido desde que Ada Lovelace escreveu os passos para fazer com que a Máquina Analítica gerasse números de Bernoulli. Criar um conjunto elegante de instruções, ele percebeu, envolvia tanto lógica rigorosa quanto expressão precisa. "Ele era bastante detalhista ao explicar por que precisávamos de uma instrução específica ou por que não podíamos ficar sem certa instrução", Jennings relembraria. "Foi a primeira vez que percebi a importância dos códigos de instrução, a lógica por trás deles e os ingredientes que uma instrução completa precisa ter." Essa era uma manifestação do talento maior dele, o de chegar à essência de uma nova ideia. "O que Von Neumann tinha, e que percebi que outros gênios têm, é a capacidade de pegar, em um problema específico, o ponto crucialmente importante."[55]

Von Neumann percebeu que eles estavam fazendo algo mais do que apenas melhorar o ENIAC para que pudesse ser reprogramado com rapidez. Mais importante, eles estavam seguindo a visão de Ada ao criar uma máquina que podia realizar qualquer tarefa lógica com qualquer conjunto de símbolos. "O computador com programa armazenado, como concebido por Alan Turing e realizado por John von Neumann, rompeu a distinção entre números que significam coisas e números que fazem coisas", escreveu George Dyson. "Nosso universo nunca mais seria o

mesmo."[56]

Além disso, Von Neumann compreendeu, mais rapidamente do que seus colegas, um importante atributo de reunir dados e instruções de programação na mesma memória armazenada. A memória podia ser apagável, o que hoje chamamos de memória de leitura e escrita. Isso significava que as instruções de programa armazenadas podiam ser modificadas não só ao final da tarefa como em qualquer momento enquanto o programa estava rodando. O computador podia modificar seu próprio programa com base nos resultados que estava obtendo. Para facilitar essa operação, Von Neumann propôs uma linguagem de programa com um endereço variável que permitia uma maneira simples de substituir instruções enquanto o programa estava rodando.[57]

A equipe da Penn propôs ao Exército que fosse construído um ENIAC novo e melhorado dentro dessas especificações. Ele seria binário em vez de decimal, usaria linhas de retardo de mercúrio como memória e incluiria boa parte, mas não tudo, daquilo que se tornou conhecido como "arquitetura de Von Neumann". Em sua proposta original ao Exército, essa nova máquina seria chamada de *Calculadora* Automática Variável Discreta Eletrônica. Cada vez mais, porém, a equipe se referia a ela como *computador*, porque ela podia fazer muito mais do que apenas calcular. Todos simplesmente a chamavam de EDVAC.

Ao longo dos anos seguintes, em julgamentos de patentes e em conferências, em livros e em artigos que traziam versões históricas conflitantes, houve debates sobre quem merecia mais crédito pelas ideias desenvolvidas em 1944 e no início de 1945 e que se tornaram parte do computador com programa armazenado. O relato acima, por exemplo, dá mais crédito a Eckert e Mauchly pelo conceito do programa armazenado e a Von Neumann por perceber a importância da capacidade do computador de modificar seu programa armazenado enquanto ele rodava e de criar uma funcionalidade de programação com endereço variável para facilitar isso. Mas mais importante do que avaliar a origem das ideias é ver como a inovação na Penn era outro exemplo da criatividade colaborativa. Von Neumann, Eckert, Mauchly, Goldstine, Jennings e muitas outras pessoas analisavam ideias coletivamente e aceitavam contribuições de engenheiros, experts em eletrônica, cientistas de materiais e programadores.

A maior parte de nós já participou de sessões de brainstorming em grupo que produziram ideias criativas. Mesmo alguns dias depois, pode haver lembranças divergentes sobre quem sugeriu o que primeiro, e percebemos que a formação de ideias foi mais moldada pela atuação em grupo do que por um indivíduo que tenha saído com um conceito totalmente original. As fagulhas vêm do ato de esfregar as ideias umas contra as outras, e não de relâmpagos saídos do nada. Isso foi verdade nos Laboratórios Bell, em Los Alamos, em Bletchley Park e na Penn. Um dos principais

pontos fortes de Von Neumann era seu talento — questionando, ouvindo, analisando gentilmente propostas experimentais, articulando e fazendo comparações — para ser promotor de um processo colaborativo desse tipo.

John von Neumann (1903-57), 1954.

Herman Goldstine (1913-2004), *c*. 1944.

Presper Eckert (no centro) e Walter Cronkite (à direita), da cbs, olham uma previsão eleitoral do univac, 1952.

Sua propensão para coletar e confrontar ideias, e a falta de preocupação demonstrada por ele de anotar com precisão de onde elas tinham vindo, foi útil para semear e fertilizar os conceitos que se tornaram parte do EDVAC. Mas às vezes isso irritou aqueles que se preocupavam mais em receber crédito — ou até mesmo direitos de propriedade intelectual — quando fosse o caso. Ele certa vez disse que não era possível atribuir a origem de ideias discutidas em um grupo. Ao ouvir isso, Eckert teria respondido: "Sério?".58

Os benefícios e as desvantagens da abordagem de Von Neumann ficaram claros em junho de 1945. Após dez meses de convívio com o trabalho que estava sendo feito na Penn, ofereceu-se para resumir as discussões da equipe em um artigo. Ele o fez durante uma longa viagem de trem para Los Alamos.

Eu seu relatório escrito à mão, que ele enviou de volta para Goldstine na Penn, Von Neumann descrevia em densos detalhes matemáticos a estrutura e o controle lógico do proposto computador de programa armazenado e por que ele estava "tentado a tratar toda a memória como se fosse um só órgão". Quando Eckert questionou por que Von Neumann parecia estar preparando um artigo baseado em ideias que outras pessoas haviam ajudado a desenvolver, Goldstine tranquilizou-o: "Ele só está procurando esclarecer essas coisas para si mesmo e fez isso escrevendo cartas para mim para que possamos escrever de volta se ele não tiver entendido algo corretamente".59

Von Neumann havia deixado espaços em branco para a inserção de referências

ao trabalho de outras pessoas, e seu texto nunca usou o acrônimo EDVAC. Mas quando Goldstine datilografou o artigo (que tinha 101 páginas), atribuiu a autoria inteiramente a seu herói. A página de título composta por Goldstine tinha como título "Primeiro Esboço de um Relatório sobre o EDVAC, por John von Neumann". Goldstine usou um mimeógrafo para produzir 24 cópias, que distribuiu no fim de junho de 1945.[60]

O "Esboço de Relatório" era um documento muitíssimo útil e orientou o desenvolvimento de computadores posteriores por pelo menos uma década. A decisão de Von Neumann de escrevê-lo e de permitir que Goldstine o distribuísse refletia a abertura de cientistas voltados para a academia, sobretudo matemáticos, que têm a tendência a querer publicar e disseminar mais do que de tentar obter propriedade intelectual. "Eu sem dúvida pretendo fazer o que puder para manter pública a maior parte possível desse campo de pesquisa (do ponto de vista das patentes)", Von Neumann explicou para um colega. Ele tinha dois objetivos ao escrever o relatório, como diria mais tarde: "Contribuir para esclarecer e coordenar o pensamento do trabalho em grupo relacionado ao EDVAC" e "aprofundar o desenvolvimento da arte de construir computadores de alta velocidade". Ele afirmou que não estava tentando dizer que era dono de qualquer dos conceitos e que nunca solicitou patente deles.[61]

Eckert e Mauchly viam isso de maneira diferente. "Sabe, acabamos vendo Von Neumann como um mascate das ideias de outras pessoas, tendo Goldstine como seu principal representante", Eckert diria mais tarde. "Von Neumann estava roubando ideias e tentando fingir que o trabalho feito na Escola Moore [na Penn] havia sido realizado por ele."[62] Jean Jennings concordou, lamentando mais tarde o fato de Goldstine ter "apoiado Von Neumann com entusiasmo em suas afirmações injustas e por ter essencialmente ajudado o homem a sequestrar o trabalho de Eckert, Mauchly e de outras pessoas no grupo da Escola Moore".[63]

O que mais chateou Mauchly e Eckert, que tentaram patentear muitos dos conceitos por trás do ENIAC e do EDVAC, foi o fato de que a distribuição do relatório de Von Neumann, em termos legais, tornou aqueles conceitos de domínio público. Quando Mauchly e Eckert tentaram patentear a arquitetura de um computador com programa armazenado, não conseguiram porque (segundo decisões tanto de advogados do Exército quanto dos tribunais) o relatório de Von Neumann era considerado uma "publicação anterior" dessas ideias.

Essas disputas de patente foram as precursoras de uma grande questão da era digital: a propriedade intelectual deve ser compartilhada livremente e colocada sempre que possível em domínio público e em formatos abertos? Esse caminho, seguido em grande medida pelos desenvolvedores da internet e da web, pode incentivar a inovação por meio da rápida disseminação de ideias e das melhorias trazidas pelo trabalho em conjunto. Ou os direitos sobre a propriedade intelectual devem ser protegidos e os inventores devem ter permissão para ter lucro com a

propriedade de suas ideias e inovações? Esse caminho, seguido em grande medida pelas indústrias de hardware, de eletrônicos e de semicondutores, pode dar incentivos financeiros e trazer investimento de capital que incentivem a inovação e recompensem o risco. Nos setenta anos passados desde que Von Neumann colocou seu "Esboço de Relatório" sobre o EDVAC em domínio público, a tendência tem sido, com algumas notáveis exceções, seguir uma abordagem mais proprietária. Em 2011, um marco foi atingido: a Apple e a Google gastaram mais em processos legais e em pagamentos relacionados com patentes do que em pesquisa e em desenvolvimento de novos produtos.[64]

A REVELAÇÃO DO ENIAC AO PÚBLICO

Mesmo enquanto a equipe na Penn estava projetando o EDVAC, seus integrantes continuavam lutando para fazer com que seu antecessor, o ENIAC, funcionasse. Isso aconteceu no outono de 1945.

Nessa época, a guerra havia acabado. Não havia necessidade de computar trajetórias de artilharia, mas a principal tarefa do ENIAC ainda era relacionada ao uso de armas. A tarefa secreta veio de Los Alamos, o laboratório de armas atômicas no Novo México, onde Edward Teller, físico teórico nascido na Hungria, havia feito uma proposta de uma bomba de hidrogênio, chamada de "a Super", em que um mecanismo de fissão atômica seria usado para criar uma reação de fusão. Para determinar como isso funcionaria, os cientistas precisavam calcular qual seria a força das reações em cada milionésimo de segundo.

A natureza do problema era altamente secreta, mas as monstruosas equações foram levadas à Penn em outubro para que o ENIAC as resolvesse. Eram necessários quase 1 milhão de cartões perfurados para inserir os dados, e Jennings foi chamada à sala do ENIAC com algumas de suas colegas para que Goldstine coordenasse o processo de configuração. O ENIAC resolveu as equações, e ao fazer isso mostrou que o projeto de Teller era falho. Mais tarde, o matemático e refugiado polonês Stanislaw Ulam trabalhou com Teller (e Klaus Fuchs, que na verdade era um espião russo) para modificar o conceito da bomba de hidrogênio, com base nos resultados do ENIAC, para que fosse possível produzir uma reação termonuclear massiva.[65]

Até que essas tarefas secretas fossem concluídas, o ENIAC foi mantido em sigilo. Ele só foi exibido ao público em 15 de fevereiro de 1946, quando o Exército e a Penn marcaram uma apresentação de gala e algumas prévias para a imprensa.[66] O capitão Goldstine decidiu que a peça central da revelação da máquina seria uma demonstração de um cálculo de trajetória de míssil. Assim, duas semanas antes ele convidou Jean Jennings e Betty Snyder para ir a seu apartamento e, enquanto Adele

servia chá, perguntou se elas podiam programar o ENIAC a tempo para que ele fizesse isso. "Claro que podíamos", Jennings disse. Ela estava empolgada. Essa operação permitiria que ela pusesse as mãos direto na máquina, o que era raro.[67] Elas começaram a trabalhar plugando barramentos de memória nas unidades corretas e configurando bandejas de programação.

Os homens sabiam que o sucesso de sua demonstração estava nas mãos dessas duas mulheres. Mauchly apareceu num sábado com uma garrafa de conhaque de damasco para mantê-las fortes. "Era delicioso", Jennings se lembraria. "Desse dia em diante, eu sempre tinha uma garrafa de conhaque de damasco no meu armário." Poucos dias depois, o reitor da escola de engenharia trouxe para elas uma sacola de papel com um quinto de uma garrafa de uísque. "Continuem o bom trabalho", disse a elas. Snyder e Jennings não eram de beber muito, mas os presentes atingiram o objetivo. "Eles nos deixaram impressionadas com a importância da demonstração", disse Jennings.[68]

A noite anterior à demonstração era a do Dia dos Namorados, mas, apesar de elas em geral terem vida social ativa, Snyder e Jennings não comemoraram. "Em vez disso, ficamos escondidas com aquela máquina maravilhosa, o ENIAC, ocupadas fazendo as últimas correções e as últimas checagens no programa", relembraria Jennings. Havia uma falha persistente que elas não conseguiam resolver: o programa fazia um excelente trabalho informando os dados da trajetória dos projéteis de artilharia, mas não sabia quando parar. Mesmo depois do momento em que o projétil teria chegado ao solo, o programa continuava calculando sua trajetória, "como se fosse um projétil hipotético que perfurasse o solo com a mesma velocidade que viajava pelo ar", Jennings descreveria. "A não ser que resolvêssemos esse problema, sabíamos que a demonstração seria uma fraude, e que os inventores e engenheiros do ENIAC ficariam constrangidos."[69]

Jennings e Snyder trabalharam até tarde na noite anterior à entrevista coletiva tentando resolver o problema, mas não conseguiram. Por fim, desistiram à meia-noite, quando Snyder precisou pegar o último trem para voltar para casa, no subúrbio. Depois ter se deitado, porém, ela compreendeu qual poderia ser o defeito: "Acordei no meio da noite pensando no erro [...]. Então, fiz uma viagem especial no trem matutino naquele dia para verificar determinado cabo". O problema era que havia um comando no final de um "faça um loop" que tinha um dígito a menos. Ela mudou a chave necessária e a falha foi consertada. "Betty podia raciocinar melhor dormindo do que a maior parte das pessoas quando estão acordadas", Jennings diria mais tarde, maravilhada. "Enquanto ela dormia, seu subconsciente desatou o nó que o consciente não havia conseguido desatar."[70]

Na demonstração, o ENIAC foi capaz de fornecer em quinze segundos um conjunto de cálculos de trajetória de míssil que exigiria várias semanas de trabalho de computadores humanos, mesmo trabalhando com um Analisador Diferencial. Foi tudo bastante dramático. Mauchly e Eckert, como bons inovadores, sabiam montar um

espetáculo. As pontas das válvulas dos acumuladores do ENIAC, que ficavam dispostas em grades de 10 × 10, podiam ser vistas através de buracos no painel frontal da máquina. Mas a luz fraca das lâmpadas de neon, que eram usadas como luzes indicadoras, mal eram visíveis. Assim, Eckert pegou bolas de pingue-pongue, cortou-as ao meio, escreveu números nelas e as colocou sobre as lâmpadas. Quando o computador começou a processar os dados, as luzes da sala foram desligadas para que a plateia ficasse impressionada com as bolas de pingue-pongue piscando, um espetáculo que se tornou comum em filmes e em programas de TV. "Enquanto a trajetória estava sendo calculada, os números apareciam nos acumuladores e eram transferidos de um lugar para outro, e as luzes começaram a piscar como as lâmpadas nas marquises de Las Vegas", diria Jennings. "Fizemos aquilo que tínhamos de fazer. Havíamos programado o ENIAC."[71] Vale a pena repetir: elas haviam programado o ENIAC.

A revelação do ENIAC rendeu a primeira página no *New York Times* sob a manchete "Computador Eletrônico Pisca Respostas e Pode Acelerar Engenharia". A reportagem começava dizendo: "Um dos maiores segredos da guerra, uma máquina impressionante que aplica a velocidade da eletrônica pela primeira vez a tarefas matemáticas até aqui de resposta difícil e incerta, foi anunciada aqui esta noite pelo Departamento de Guerra".[72] A matéria continuava numa página inteira no interior do *Times*, com fotos de Mauchly, Eckert e da máquina com o tamanho de uma sala, o ENIAC. Mauchly afirmava que a máquina levaria a uma previsão melhor do tempo (sua paixão original), ajudaria a projetar aviões e possibilitaria "a operação de projéteis em velocidades supersônicas". A reportagem da Associated Press trazia uma visão ainda mais grandiosa, afirmando: "O robô abriu caminho matemático para que todo homem tenha uma vida melhor".[73] Como exemplo da "vida melhor", Mauchly afirmava que os computadores um dia serviriam para reduzir o preço de um pedaço de pão. Como isso ocorreria, ele não explicou, mas essa e milhões de outras ramificações de fato ocorreram.

Mais tarde, Jennings reclamaria, na tradição de Ada Lovelace, que muitas das reportagens exageraram o que o ENIAC era capaz de fazer ao chamá-lo de "cérebro gigante" e dando a entender que ele podia pensar. "O ENIAC não era um cérebro em nenhum sentido", ela insistiria. "Ele não podia raciocinar, assim como os computadores ainda não podem raciocinar, mas podia dar mais dados para que as pessoas raciocinassem."

Jennings tinha outra reclamação, de caráter mais pessoal.

> Betty e eu fomos ignoradas e esquecidas depois da demonstração. Sentíamos que estávamos desempenhando papéis em um filme fascinante que de repente teve uma virada ruim, em que trabalhamos como cães por duas semanas para produzir algo realmente espetacular e depois fomos riscadas do roteiro.

Naquela noite, houve um jantar à luz de velas no venerável Houston Hall, da Universidade da Pensilvânia. O evento estava recheado de luminares da ciência, de altos oficiais militares e de boa parte dos homens que haviam trabalhado no ENIAC. Mas Jean Jennings e Betty Snyder não estavam lá, nem qualquer outra das mulheres programadoras.[74] "Betty e eu não fomos convidadas", Jennings diria, "e isso nos deixou quase horrorizadas."[75] Enquanto os homens e vários dignitários celebravam, Jennings e Snyder iam sozinhas para casa em uma noite muito fria de fevereiro.

OS PRIMEIROS COMPUTADORES COM PROGRAMAS ARMAZENADOS

O desejo de Mauchly e de Eckert de obter patentes — e lucros — com aquilo que haviam ajudado a inventar causou problemas na Penn, que ainda não tinha uma política clara de divisão de direitos de propriedade intelectual. Eles receberam permissão para pedir patentes do ENIAC, mas depois a universidade insistiu em obter licenciamento livre do pagamento de royalties e o direito de sublicenciar todos os aspectos do projeto. Além disso, as partes não conseguiam chegar a um acordo a respeito de quem tinha os direitos sobre as inovações do EDVAC. A disputa era complexa, porém o resultado foi que Mauchly e Eckert saíram da Penn no fim de março de 1946.[76]

Eles formaram o que se tornaria a Eckert-Mauchly Computer Corporation, com base na Filadélfia, e foram pioneiros em levar os computadores da academia para um empreendimento comercial. (Em 1950, a empresa, junto com as patentes que eles obteriam, se tornou parte da Remington Rand, que se transformou na Sperry Rand e depois na Unisys.) Entre as máquinas que eles construíram estava o UNIVAC, que foi comprado pelo escritório do Censo e por outros clientes, entre eles a General Electric.

Com suas luzes piscantes e a aura de Hollywood, o UNIVAC ficou famoso quando a CBS o mostrou na noite da eleição de 1952. Walter Cronkite, o jovem âncora da cobertura da rede, hesitou quanto à possibilidade de a máquina gigante ter muita utilidade quando comparada ao conhecimento dos correspondentes da televisão, mas concordou que a máquina podia proporcionar um espetáculo divertido para os espectadores. Mauchly e Eckert recrutaram um estatístico da Penn, e eles trabalharam juntos em um programa que comparava os primeiros resultados de alguns distritos usados como amostra aos resultados de eleições anteriores. Às 20h30 pelo horário da Costa Leste, bem antes de a maior parte das apurações estar encerrada, o UNIVAC previu, com chance de 100 para 1, uma vitória fácil para Dwight Eisenhower sobre Adlai Stevenson. A CBS de início segurou o veredicto do UNIVAC; Cronkite disse ao público que o computador ainda não havia chegado a uma conclusão. Mais tarde naquela mesma noite, porém, depois de a contagem de votos ter confirmado que

Eisenhower havia vencido com folga, Cronkite colocou no ar o correspondente Charles Collingwood para admitir que o UNIVAC havia feito a previsão no início da noite, mas que a CBS não havia anunciado o fato. O UNIVAC se tornou uma celebridade e um acessório das próximas noites de eleição.[77]

Eckert e Mauchly não haviam esquecido a importância das mulheres programadoras que trabalharam com eles na Penn, embora não as tivessem convidado para o jantar comemorativo do ENIAC. Eles contrataram Betty Snyder, que, sob o nome de casada, Betty Holberton, tornou-se a programadora pioneira que ajudou a desenvolver as linguagens COBOL e Fortran, e Jean Jennings, que se casou com um engenheiro e se tornou Jean Jennings Bartik. Mauchly também queria recrutar Kay McNulty, mas, em vez disso, depois que sua esposa morreu afogada em um acidente, ele decidiu pedi-la em casamento. Eles tiveram cinco filhos, e ela continuou a ajudar a projetar softwares para o UNIVAC.

Mauchly também contratou a decana de todas elas, Grace Hopper. "Ele deixava as pessoas tentarem coisas", Hopper respondeu quando questionada sobre por que deixou que ele a convencesse a entrar na Eckert-Mauchly Computer Corporation. "Ele incentivava a inovação."[78] Em 1952, ela havia criado o primeiro compilador funcional do mundo, conhecido como sistema A-0, que traduzia códigos simbólicos matemáticos em linguagem de máquina e, assim, tornava mais fácil a criação de programas por pessoas comuns.

Como um bom integrante de tripulação, Hopper gostava de um estilo de colaboração em que todos punham a mão na massa, e ajudou a desenvolver o método aberto de inovação ao enviar suas versões iniciais do compilador a amigos e conhecidos no mundo da programação e ao pedir a eles que fizessem melhorias. Ela usou o mesmo processo de desenvolvimento aberto quando trabalhou como chefe da parte técnica ao coordenar a criação do COBOL, a primeira linguagem padronizada para computadores de várias plataformas.[79] Seu instinto de que a programação devia ser algo independente da máquina refletia sua preferência pelo trabalho em grupo; mesmo máquinas, ela acreditava, deviam trabalhar bem juntas. Isso também demonstra como ela compreendeu cedo um fato decisivo da era do computador: que o hardware se tornaria um produto acessível e que a *programação* seria o local em que estaria o verdadeiro valor. Até que Bill Gates entrasse em cena, esse foi um insight que faltou à maior parte dos homens.[e]

Von Neumann desdenhava a abordagem mercenária de Eckert e Mauchly. "Eckert e Mauchly são um grupo comercial com uma política comercial de patentes", ele reclamaria a um amigo. "Não podemos trabalhar com eles direta ou indiretamente da mesma maneira aberta como trabalharíamos com um grupo acadêmico."[80] Mas toda essa correção não impediu Von Neumann de ganhar dinheiro com suas ideias. Em 1945, ele negociou um contrato de consultoria pessoal com a IBM, dando à empresa

direito sobre quaisquer invenções suas. Era um acordo perfeitamente válido. No entanto, isso enfureceu Eckert e Mauchly. "Ele vendeu todas as nossas ideias de maneira indireta para a IBM", Eckert reclamaria. "Ele foi hipócrita. Disse uma coisa e fez outra diferente. Não era digno de confiança."[81]

Depois que Mauchly e Eckert saíram da Penn, a universidade logo perdeu seu papel como centro de inovação. Von Neumann também saiu, para voltar ao Instituto de Estudos Avançados, em Princeton. Ele levou consigo Herman e Adele Goldstine, além de engenheiros fundamentais, como Arthur Burks. "Talvez as instituições, assim como as pessoas, possam ficar cansadas", refletiria mais tarde Herman Goldstine sobre o fato de a Penn ter deixado de ser um epicentro do desenvolvimento do computador.[82] Os computadores eram considerados uma ferramenta, não um objeto de estudo acadêmico. Poucos professores percebiam que a ciência da computação se tornaria uma disciplina acadêmica ainda mais importante do que a engenharia elétrica.

Apesar do êxodo, a Penn foi capaz de desempenhar mais um papel essencial no desenvolvimento dos computadores. Em julho de 1946, a maior parte dos experts no assunto — entre os quais Von Neumann, Goldstine, Eckert, Mauchly e outros que estavam lutando entre si — voltou à universidade para uma série de palestras e seminários, chamada de Palestras da Escola Moore, que iria disseminar o conhecimento deles sobre computação. A série de oito semanas atraiu Howard Aiken, George Stibitz, Douglas Hartree, da Universidade de Manchester, e Maurice Wilkes, de Cambridge. Um dos focos principais foi a importância de usar arquitetura de programa armazenado para que os computadores pudessem corresponder à visão de Turing de serem máquinas universais. Como resultado, as ideias de projeto desenvolvidas de maneira colaborativa por Mauchly, Eckert, Von Neumann e outros na Penn se tornaram a fundação da maior parte dos computadores futuros.

A distinção de ser o primeiro computador com programa armazenado pertenceu a duas máquinas que ficaram prontas quase ao mesmo tempo, no verão de 1948. Uma delas era uma atualização do ENIAC original. Von Neumann e Goldstine, com os engenheiros Nick Metropolis e Richard Clippinger, desenvolveram uma maneira de usar três tabelas de função do ENIAC para armazenar um conjunto rudimentar de instruções.[83] Essas tabelas de funções haviam sido usadas para armazenar dados sobre o atrito de um projétil de artilharia, mas esse espaço de memória podia ser aproveitado para outros objetivos, já que a máquina não estava mais sendo utilizada para calcular tabelas de trajetórias. Mais uma vez, o verdadeiro trabalho de programação foi em grande parte feito por mulheres: Adele Goldstine, Klára von Neumann e Jean Jennings Bartik. Bartik se lembraria:

Trabalhei com Adele quando desenvolvemos, com outras pessoas, a versão

original do código necessário para tornar o ENIAC um computador de programa armazenado usando as tabelas de função para armazenar as instruções codificadas.[84]

Isso reconfigurou o ENIAC, que se tornou operacional em abril de 1948 e que tinha uma memória somente de leitura, o que significava que era difícil modificar os programas enquanto eles estavam rodando. Além disso, a memória de linha de retardo de mercúrio da máquina era lenta e exigia engenharia de precisão. Ambas as desvantagens foram contornadas por uma pequena máquina da Universidade de Manchester, na Inglaterra, que foi construída do zero para funcionar como um computador de programa armazenado. Chamada de "o Bebê de Manchester", ela se tornou operacional em junho de 1948.

O laboratório de computação de Manchester era dirigido por Max Newman, o mentor de Turing, e a parte mais importante do trabalho foi feita por Frederic Callan Williams e Thomas Kilburn. Williams inventou um mecanismo de armazenamento usando tubos de raios catódicos, o que tornou a máquina mais rápida e mais simples do que as que usavam linhas de retardo de mercúrio. Ela funcionava tão bem que levou ao mais potente Manchester Mark I, que se tornou operacional em abril de 1949, assim como ao EDSAC, completado por Maurice Wilkes e por uma equipe de Cambridge em maio daquele ano.[85]

Enquanto essas máquinas eram desenvolvidas, Turing também estava tentando desenvolver um computador de programa armazenado. Depois de sair de Bletchley Park, ele entrou para o Laboratório Nacional de Física, um prestigioso instituto de Londres, onde projetou a Máquina Computadora Automática, assim nomeada em homenagem às duas máquinas de Babbage. Mas o computador progredia de maneira irregular. Em 1948, Turing estava farto do ritmo do equipamento e frustrado pelo fato de seus colegas não terem interesse em forçar os limites de aprendizagem da máquina e da inteligência artificial. Assim, ele saiu do laboratório para se unir a Max Newman em Manchester.[86]

Do mesmo modo, Von Neumann embarcou no desenvolvimento de um computador de programa armazenado assim que chegou ao Instituto de Estudos Avançados, em Princeton, em 1946, um empreendimento narrado por George Dyson no livro *Turing's Cathedral*. O diretor do instituto, Frank Aydelotte, e o administrador mais influente do corpo docente, Oswald Veblen, eram firmes defensores do que se tornou conhecido como a Máquina IAS, enfrentando as críticas vindas de outros professores que diziam que construir uma máquina de computação iria apequenar a missão daquilo que devia ser um refúgio do pensamento teórico. "Ele deixou perplexos, ou mesmo horrorizados, alguns de seus colegas matemáticos dedicados à mais absoluta abstração, reafirmando às claras seu grande interesse por outras ferramentas matemáticas que não fossem o quadro-negro e o giz ou o lápis e o

papel", relembraria a mulher de Von Neumann, Klára. "Sua proposta de construir uma máquina eletrônica de computação sob a cúpula sagrada do instituto não foi recebida com aplausos, para dizer o mínimo."[87]

Os integrantes da equipe de Von Neumann ficavam em uma área que teria sido usada pela secretária do lógico Kurt Gödel, exceto pelo fato de que ele não desejava ter uma secretária. Ao longo do ano de 1946, eles publicaram artigos detalhados sobre seu projeto, que enviaram para a Biblioteca do Congresso e para o Escritório de Patentes dos Estados Unidos, não com pedidos de patentes, mas com afirmações de que queriam que seu trabalho fosse posto em domínio público.

A máquina se tornou plenamente operacional em 1952, porém aos poucos foi abandonada após Von Neumann deixar a equipe, para ir para Washington e se unir à Comissão de Energia Atômica. "A extinção de nosso grupo de computador foi um desastre não só para Princeton, mas também para a ciência como um todo", diria o físico Freeman Dyson, um dos integrantes do instituto (e pai de George Dyson). "Isso significava que não existia, naquele período crítico nos anos 1950, um centro acadêmico em que pessoas de todos os tipos ligadas a computadores se reunissem no mais alto nível intelectual."[88] Em vez disso, a partir dos anos 1950, a inovação na computação se transferiu para o reino corporativo, liderado por empresas como Ferranti, IBM, Remington Rand e Honeywell.

Essa mudança nos leva de volta à questão sobre as proteções de patentes. Se Von Neumann e sua equipe tivessem continuado a criar invenções pioneiras e a colocá-las em domínio público, esse modelo aberto de desenvolvimento teria levado a melhorias mais rápidas nos computadores? Ou a competição de mercado e as recompensas financeiras pela criação de propriedade intelectual faz mais para incentivar a inovação? Nos casos da internet, da web e de algumas formas de software, o modelo aberto se mostraria mais funcional. Mas no que diz respeito ao hardware, como computadores e microchips, um sistema proprietário forneceu incentivos para um surto de inovação nos anos 1950. A razão de a abordagem proprietária ter funcionado bem, em especial no caso de grandes computadores, é que grandes organizações industriais, que precisavam levantar capital de giro, estavam em melhor posição para fazer a pesquisa, o desenvolvimento, a produção e o marketing dessas máquinas. Além disso, até meados dos anos 1990, a proteção de patentes era obtida com mais facilidade do que no caso do software.[f] No entanto, havia um lado negativo na proteção de patentes concedida à inovação de hardware: o modelo proprietário produziu empresas que eram tão protegidas e que ficam tanto na defensiva que chegaram a perder a revolução do computador pessoal no início dos anos 1970.

SERIAM AS MÁQUINAS CAPAZES DE PENSAR?

Tal como pensara em relação ao desenvolvimento de computadores com

programas armazenados, Alan Turing voltou sua atenção para a afirmação feita por Ada Lovelace um século antes, em sua "Nota" final sobre a Máquina Analítica de Babbage: que máquinas de fato poderiam *pensar*. Se uma máquina podia modificar seu próprio programa baseada na informação por ela processada, perguntava-se Turing, não seria isso uma forma de aprendizagem, capaz de levar à inteligência artificial?

As questões relacionadas à inteligência artificial estão em pauta há muito tempo, da mesma forma que as relacionadas à consciência humana. E como em relação à maioria das questões desse tipo, Descartes trouxe grande contribuição para formulá-las em termos modernos. Em seu *Discurso do método*, de 1637, em que se lê sua famosa afirmação "Penso, logo existo", Descartes escreveu:

> Se houvesse algumas [máquinas] que se assemelhassem a nossos corpos e imitassem as nossas ações tanto quanto moralmente é possível, teríamos sempre dois meios muito certos para reconhecer que, mesmo assim, não seriam homens verdadeiros. O primeiro é que [...] não é possível conceber que [uma máquina como essa] combine [palavras] de outro modo para responder ao sentido de tudo quanto dissermos em sua presença, como os homens mais embrutecidos podem fazer. E o segundo é que, embora fizessem várias coisas tão bem ou talvez melhor do que algum de nós, essas máquinas falhariam necessariamente em outras, pelas quais se descobriria que não agiam por conhecimento [...].g

Havia muito tempo Turing estava interessado na forma como os computadores poderiam reproduzir as operações de um cérebro humano, e essa curiosidade foi aprofundada por seu trabalho com máquinas que decifravam linguagem codificada. Em princípios de 1943, quando o Colossus estava sendo projetado em Bletchley Park, Turing cruzou o Atlântico para uma missão no baixo Manhattan, onde ele discutiu, com a equipe que estava trabalhando em codificação eletrônica de expressões verbais, a tecnologia capaz de embaralhar e desembaralhar conversas telefônicas.

Lá ele conheceu o brilhante gênio Claude Shannon, pós-graduado pelo MIT, que escreveu, em 1937, a original dissertação de mestrado demonstrando que a álgebra booliana, que transformava proposições lógicas em variáveis binárias, podia ser realizada por circuitos eletrônicos. Shannon e Turing passaram a se encontrar às tardes para tomar chá, demorando-se em longas conversas. Ambos se interessavam pela ciência do cérebro e perceberam que seus artigos científicos de 1937 tinham em comum algo fundamental: eles mostravam que uma máquina, operando com simples instruções binárias, era capaz de resolver problemas não apenas de matemática, mas também de lógica. E como a lógica é a base a partir da qual o cérebro humano funciona, uma máquina poderia, em teoria, reproduzir a inteligência humana.

"Shannon quer alimentar [uma máquina] não apenas com dados, mas também com assuntos culturais!", disse Turing certo dia, no almoço, a colegas dos Laboratórios Bell. "Ele quer tocar música para ela!" Em outro almoço na sala de jantar da instituição, Turing afirmou, com sua voz aguda, ouvida por todos os executivos que ali se encontravam: "Não, não estou interessado em desenvolver um cérebro poderoso. O que estou buscando é apenas um cérebro medíocre, como o do presidente da American Telephone and Telegraph Company".[89]

Quando Turing regressou a Bletchley Park em abril de 1943, travou amizade com um colega chamado Donald Michie, e os dois passaram muitas noites jogando xadrez num pub próximo. Quando estavam discutindo a possibilidade de criar um computador capaz de jogar xadrez, Turing abordou o problema pensando não no processo grosseiro de usar o poder de processamento para calcular cada jogada possível; em vez disso, concentrou-se na possibilidade de a máquina poder *aprender* a jogar xadrez por meio da prática contínua. Em outras palavras, ela devia ser capaz de tentar novos lances e aperfeiçoar sua estratégia com cada vitória ou derrota. Essa abordagem, caso tivesse sucesso, representaria uma salto fundamental que teria fascinado Ada Lovelace: máquinas seriam capazes de executar mais do que apenas meras instruções específicas fornecidas por seres humanos; elas podiam aprender com a experiência e aperfeiçoar suas próprias instruções.

"Foi dito que máquinas de computação só conseguem realizar as tarefas para as quais recebem instruções", explicou Turing à Sociedade de Matemática de Londres em fevereiro de 1947. "Mas será que só se pode usá-las dessa maneira?" Ele então discutiu a implicação dos novos computadores com programas armazenados capazes de modificar suas próprias tabelas de instruções. "Seria como um aluno que aprendeu muito com o professor, mas acrescentou muito mais com seu próprio trabalho. Quando isto acontecer, sinto que seremos obrigados a considerar que a máquina demonstra inteligência."[90]

Quando Turing terminou sua exposição, seus ouvintes ficaram por um instante em silêncio, aturdidos pelas suas afirmações. Da mesma forma, seus colegas do Laboratório Nacional de Física ficaram desconcertados com a obsessão de Turing de fabricar máquinas pensantes. O diretor do Laboratório Nacional de Física, Sir Charles Darwin (neto do biólogo evolucionista), escreveu aos seus superiores, em 1947, que Turing pretendia "estender ainda mais seu trabalho com a máquina em direção a um viés biológico" e explorar a questão: "Seria possível construir uma máquina capaz de aprender com a experiência?".[91]

A inquietante ideia de Turing de que máquinas algum dia seriam capazes de pensar como seres humanos provocou furiosas objeções tanto à época como daí por diante. Havia as esperadas objeções religiosas, assim como as puramente emocionais, tanto no conteúdo como na expressão. "Só quando uma máquina puder escrever um soneto ou compor um concerto a partir de pensamentos e emoções experimentadas, e não pelo acaso de símbolos, poderemos admitir que máquinas se ombreiam com o

cérebro", declarou um famoso neurocirurgião, Sir Geoffrey Jefferson, na prestigiosa Lister Oration de 1949.[92] A resposta de Turing a um repórter do *Times* de Londres pareceu um tanto irreverente, mas também sutil: "A comparação é talvez um tanto inadequada porque um soneto escrito por uma máquina será mais bem apreciado por outra máquina!".[93]

Assim, estava preparado o terreno para seu segundo trabalho fundamental, "Computering Machinery and Intelligence" [Computação, maquinaria e inteligência], publicado no jornal *Mind*, em outubro de 1950.[94] Nesse artigo, ele delineou o que se tornou conhecido como teste de Turing. Começou com uma proposição absolutamente clara: "Seriam as máquinas capazes de pensar?". Com um senso de humor de um menino de escola, Turing inventou um jogo — que ainda hoje é jogado e discutido — para dar um significado empírico à questão. Ele propôs uma definição meramente operacional de inteligência artificial: se não se pode distinguir o output de uma máquina do output de um cérebro humano, então careceremos de um motivo razoável para insistir que a máquina não está "pensando".

O teste de Turing, que ele chamou de "jogo da imitação", é simples: alguém encaminha perguntas escritas a um ser humano e a uma máquina e tenta identificar, com base em suas respostas, qual dos dois é um ser humano. Uma amostra das perguntas, escreveu ele, pode ser a seguinte:

P: Por favor, escreva um soneto sobre a ponte do Forth.

R: Não conte comigo para isso. Eu não nunca conseguirei escrever poesia.

P: Some 34957 a 70764.

R: (Pausa de cerca de trinta segundos, e então vem a resposta) 105621.

P: Você joga xadrez?

R: Sim.

P: Tenho K em K1, e mais nenhuma peça. Você tem apenas K em K6 e R em R1. É sua vez de jogar. O que você vai fazer?

R: (Depois de uma pausa de quinze segundos) R-R8 mate.

Nessa amostra de diálogo, Turing conseguiu algumas coisas. O exame cuidadoso mostra que o interrogado, depois de trinta segundos, cometeu um pequeno erro na soma (a resposta correta é 105721). Seria isso uma prova de que o interrogado é um ser humano? Talvez, mas é possível também que se trate de uma máquina fingindo astutamente tratar-se de um ser humano. Turing também refutou a objeção de Jefferson de que uma máquina não é capaz de escrever um soneto; talvez a resposta apresentada acima tenha sido dada por uma pessoa que admitisse essa incapacidade. Mais adiante, no mesmo artigo, Turing imaginou o seguinte questionamento para mostrar a dificuldade de usar o ato de escrever um soneto como

critério para identificar um ser humano:

> Q: No primeiro verso de seu soneto, em que se lê: "Comparo você a um dia de verão", não soaria melhor dizer "um dia de primavera?".
>
> A: Ficaria sem métrica.
>
> P: Que tal "um dia de inverno?". A métrica ficaria perfeita.
>
> R: Sim, mas ninguém quer ser comparado a um dia de inverno.
>
> P: Você diria que o sr. Pickwick faz você se lembrar do Natal?
>
> R: De certo modo.
>
> P: No entanto, o Natal é um dia de inverno, e acho que o sr. Pickwick não se incomodaria com a comparação.
>
> R: Acho que você está brincando. Quando nos referimos a um dia, estamos falando de um dia de inverno comum, e não de um dia especial como o Natal.

A ideia de Turing era de que não seria possível dizer se esse interlocutor era um ser humano ou uma máquina fingindo-se de ser humano.

Turing apresentou sua suposição da possibilidade de um computador ganhar esse jogo de imitação: "Acho que dentro de cinquenta anos será possível programar computadores [...] para fazê-los jogar o jogo da imitação tão bem que um interrogador médio não terá mais que 70% de chances de fazer a identificação correta após cinco minutos de perguntas". Ele estava enganado. Isso ainda não aconteceu.

Em seu artigo, Turing tentou refutar os muitos desafios possíveis para sua definição de pensar. Ele descartou a objeção de que Deus concedeu uma alma e a capacidade de pensar apenas aos seres humanos, argumentando que isso "implica uma séria restrição à onipotência divina". Ele perguntou se Deus "tinha liberdade para conceder uma alma a um elefante, se achasse conveniente". É de imaginar que sim. Pela mesma lógica, a qual, vinda do descrente Turing, soava um tanto sardônica, com certeza Deus poderia dar uma alma a uma máquina, se assim o desejasse.

A objeção mais interessante, em especial no que tange ao nosso relato, é a que Turing atribuiu a Ada Lovelace. "A Máquina Analítica não tem nenhuma pretensão de *criar* nada", escreveu ela em 1843. "Ela é capaz de fazer o que quer que saibamos instruí-la para fazer. Pode seguir análises; mas não tem o poder de prever nenhuma relação analítica ou verdades." Em outras palavras, ao contrário da mente humana, um aparelho mecânico não tem livre-arbítrio nem é capaz de tomar iniciativas próprias. Ele é capaz meramente de atuar como programado. Em seu artigo de 1950, Turing dedicou uma seção ao que chamou de "Objeção de Lady Lovelace".

Sua mais engenhosa defesa contra essa objeção foi o argumento de que uma máquina poderia, de fato, ser capaz de *aprender*, tornando-se assim seu próprio agente e capaz de conceber pensamentos novos. "Em vez de tentar produzir um

programa que simule a inteligência adulta, por que não tentar produzir um que simule a inteligência de uma criança?", ele perguntou. "Se ela fosse submetida a um curso adequado de educação, poderíamos obter um cérebro adulto." O processo de aprendizagem de uma máquina seria diferente do de uma criança, admitiu ele. "Por exemplo, ela não teria pernas, de modo que não seria possível lhe pedir para encher o balde de carvão. Provavelmente não teria olhos [...]. Não se poderia mandar tal criatura para a escola sem que fosse alvo de muita zombaria por parte das crianças." Portanto, a máquina-bebê deveria ser educada de alguma outra forma. Turing propôs um sistema de punição e recompensa, que a faria repetir determinadas atividades e evitar outras. Por fim, essa máquina poderia desenvolver suas próprias ideias sobre como conceber as coisas.

Mas mesmo que uma máquina pudesse imitar o pensamento, objetaram os críticos de Turing, ela não poderia ser consciente *de fato*. Quando o jogador humano do teste de Turing usa palavras, ele as associa a significados do mundo real, emoções, experiências, sensações e percepções. As máquinas, não. Com tais conexões, a língua é apenas um jogo dissociado de sentido.

Essa objeção levou John Searle a formular, em um ensaio de 1980, o mais consistente desafio ao teste de Turing. Ele propôs um experimento mental, chamado Sala Chinesa, no qual um anglófono sem nenhum conhecimento de chinês recebia uma extensa série de regras orientando-o sobre como responder a qualquer combinação de caracteres chineses. Munida de um manual de instruções bastante bom, a pessoa poderia convencer um interrogador de que ela de fato falava chinês. Não obstante, ela não teria entendido nenhuma resposta que tivesse dado, nem poderia demonstrar nenhuma intencionalidade. Nas palavras de Ada Lovelace, ela não teria nenhuma intenção de criar alguma coisa; em vez disso, realizaria meramente ações que lhe fossem ordenadas. Da mesma forma, a máquina do jogo de imitação de Turing, não importava quão bem pudesse imitar um ser humano, não poderia ter nenhum entendimento nem consciência do que estava dizendo. Dizer que uma máquina "pensa" não faz mais sentido do que dizer que a pessoa que segue o volumoso manual de instruções entende chinês.[95]

Uma resposta à objeção de Searle é argumentar que, ainda que o homem na verdade não entenda chinês, o sistema incorporado na sala — o homem (unidade de processamento), o manual de instruções (programa) e os arquivos cheios de caracteres chineses (os dados) — como um todo na verdade poderia entender chinês. Não há uma resposta conclusiva. Na realidade, o teste de Turing e as objeções a ele continuam sendo até hoje o tema mais discutido da ciência cognitiva. E apesar de todos os avanços na capacidade dos computadores, ninguém ainda conseguiu desenvolver uma máquina capaz de aprender bem o bastante para passar no teste de Turing.

Durante alguns anos que se seguiram à sua redação de "Computering Machinery and Intelligence", Turing pareceu comprazer-se em participar da polêmica por ele provocada. Com um humor algo perverso, ele zombava das pretensões daqueles que tagarelavam sobre sonetos e exaltavam a consciência. "Um dia, as senhoras levarão seus computadores em seus passeios ao parque dizendo umas às outras: 'Meu computadorzinho disse uma coisa tão engraçada hoje de manhã!'", brincou ele em 1951. Como mais tarde notou seu mentor, Max Newman, "as analogias cômicas mas brilhantemente oportunas com que ele expunha suas ideias faziam dele um companheiro encantador".[96]

Um tópico recorrente nas discussões com Turing, e que logo teria uma triste repercussão, era o papel que os apetites sexuais e os desejos emocionais desempenham no pensamento humano, diferentemente do que acontece com as máquinas. Um exemplo bastante notório aconteceu num debate, televisionado pela BBC em janeiro de 1952, que Turing travou com o neurocirurgião Sir Geoffrey Jefferson, mediado por Max Newman e pelo filósofo da ciência Richard Braithwaite. "Os interesses humanos são determinados, em grande medida, por seus apetites, desejos, tendências e instintos!", disse Braithwaite, afirmando que, para criar uma verdadeira máquina pensante, "parecia ser necessário equipar a máquina com algo correspondente a uma série de desejos". Newman interveio dizendo que máquinas "têm desejos muito restritos e não são capazes de enrubescer quando se sentem embaraçadas". Jefferson foi ainda mais longe, usando repetidas vezes a expressão "impulsos sexuais" como exemplo e referindo-se a "emoções e instintos humanos, como aqueles relacionados com o sexo". O homem é presa de "impulsos sexuais", disse ele, e "pode agir feito um idiota". Ele falou tanto sobre a forma como os apetites sexuais interferiam no pensamento humano que os editores da BBC eliminaram algumas dessas referências do programa, entre elas sua afirmativa de que só acreditaria que uma máquina fosse capaz de pensar quando a visse roçar a perna de uma máquina fêmea.[97]

Turing, que ainda era bastante discreto em relação à própria homossexualidade, manteve-se calado durante essa parte da discussão. Durante as semanas que precederam a transmissão de 10 de janeiro de 1952, ele se envolveu numa série de atos tão humanos que uma máquina os acharia incompreensíveis. Ele acabara de produzir um artigo científico, e em seguida escreveu um conto sobre como planejara comemorar seu feito:

> Fazia bastante tempo que ele "tivera" alguém, na verdade desde que havia travado contato com um soldado em Paris no verão anterior. Agora que terminara de elaborar seu artigo, ele poderia, de maneira legítima, considerar que merecia outro gay, e sabia onde encontrar um que lhe fosse adequado.[98]

Na Oxford Street, em Manchester, Turing conheceu um proletário desgarrado de dezenove anos chamado Arnold Murray, com o qual iniciou um relacionamento. Quando voltou do programa da BBC, convidou Murray para se instalar na casa dele. Certa noite Turing falou ao jovem sobre sua fantasia de jogar xadrez com um computador depravado, que ele seria capaz de vencer provocando-lhe raiva, depois prazer, em seguida presunção. O relacionamento tornou-se mais complicado nos dias que se seguiram, até que certa noite Turing voltou para casa e viu que ela tinha sido arrombada. O criminoso era um amigo de Murray. Quando Turing denunciou o caso à polícia, terminou por revelar seu relacionamento sexual com o rapaz, e por isso foi detido por "torpe indecência".[99]

No julgamento, que aconteceu em março de 1952, Turing confessou-se culpado, embora deixasse claro que não sentia remorso. Em sua defesa, Max Newman compareceu como testemunha de perfil moral. Sentenciado e privado de seus direitos de ir e vir,[h] ofereceram a Turing uma escolha: encarceramento ou sursis — no caso deste último, com a condição de receber um tratamento com hormônios por meio de injeções de estrogênio sintético para moderar seus desejos sexuais, como se ele fosse uma máquina controlada quimicamente. Ele escolheu a segunda opção, à qual se submeteu por um ano.

A princípio, Turing pareceu aceitar tudo sem maiores problemas, mas, em 7 de junho de 1954, suicidou-se mordendo uma maçã com cianureto. Seus amigos observaram que ele sempre fora fascinado pela cena do filme *Branca de Neve e os sete anões* em que a rainha má mergulha uma maçã numa poção venenosa. Encontraram-no na cama com espuma em volta da boca, cianureto no corpo e uma maçã parcialmente comida ao seu lado.

Seria uma máquina capaz de tal ação?

John Bardeen (1908-91), William Shockley (1910-89) e Walter Brattain (1902-87) em foto dos Laboratórios Bell, 1948.

O primeiro transístor nos Laboratórios Bell.

William Shockley (na cabeceira da mesa), no dia em que ganhou o prêmio Nobel, sendo brindado por colegas, entre eles Gordon Moore (sentado à esquerda) e Robert Noyce (de pé no centro, com taça de vinho), 1956.

---

a A fórmula de Stirling, que aproxima o valor do fatorial de um número.

b O display e as explicações do Mark I no centro de ciência de Harvard não faziam qualquer menção a Grace Hopper nem mostravam nenhuma mulher até 2014, quando o display foi revisado para destacar o papel dela e o dos programadores.

c "Bug" é a palavra em inglês para inseto. "Debbug" significa literalmente "retirar insetos". (N. T.)

d Von Neumann teve sucesso quanto a isso. O projeto de implosão de plutônio levaria à primeira detonação de um dispositivo atômico, o teste de Trinity, em julho de 1945 perto de Alamogordo, no Novo México, e seria usado na bomba que foi jogada sobre Nagasaki em 9 de agosto de 1945, três dias após a bomba de urânio ter sido usada em Hiroshima. Em função de seu ódio tanto pelos nazistas quanto pelos comunistas apoiados pelos russos, Von Neumann se tornou um defensor aberto das armas atômicas. Ele participou do teste de Trinity, assim como dos testes posteriores no atol de Bikini, no Pacífico, e argumentava que mil mortes por radiação eram um preço aceitável a ser pago para que os Estados Unidos obtivessem uma vantagem na corrida nuclear. Ele morreria doze anos depois, aos 53 anos, de câncer nos ossos e no

pâncreas, que podem ter sido causados pela radiação emitida durante esses testes.

e Em 1967, aos sessenta anos, Hopper foi chamada para voltar à ativa na Marinha, com a missão de padronizar o uso do COBOL e de validar compiladores de COBOL. Uma votação no Congresso lhe permitiu estender sua permanência além da idade de aposentadoria. Ela chegou à patente de contra-almirante, e por fim se aposentou em agosto de 1986, aos 79 anos, como o oficial mais velho em serviço na Marinha.

f A Constituição dos Estados Unidos dá poder para que o Congresso "promova o progresso da ciência e de artes úteis assegurando por tempo limitado aos autores e aos inventores o direito exclusivo a seus respectivos escritos e descobertas". O Escritório de Patentes e de Marcas Registradas dos Estados Unidos, ao longo dos anos 1970, em geral não concedia patentes a inovações cuja única diferença em relação à tecnologia existente fosse o uso de um novo algoritmo de software. Isso causou uma situação sombria nos anos 1980, com recursos conflitantes de decisões judiciais e de sentenças da Suprema Corte. As políticas mudaram em meados dos anos 1990, quando o tribunal da capital federal proferiu uma série de decisões permitindo patentes para softwares que produzissem um "resultado útil, concreto e tangível" e o presidente Bill Clinton nomeou como chefe do Escritório de Patentes uma pessoa que havia sido o principal lobista da Indústria de Publicação de Softwares.

g René Descartes, *Discurso do método*. Trad. Maria Ermantina Galvão. São Paulo: Martins Fontes, 2001. pp. 63-4. (N. T.)

h No Natal de 2013, Turing foi agraciado postumamente com um perdão formal da rainha Elizabeth II.

4. O transístor

A invenção dos computadores não desencadeou de imediato uma revolução. Pelo fato de dependerem de válvulas eletrônicas grandes, caras e frágeis, que consumiam muita energia, os primeiros computadores eram geringonças dispendiosas que apenas empresas, universidades dedicadas à pesquisa e as Forças Armadas poderiam se dar ao luxo de dispor. Em vez disso, o verdadeiro nascimento da era digital, a era na qual aparelhos eletrônicos se imiscuíram em todos os aspectos de nossas vidas, ocorreu em Murray Hill, Nova Jersey, logo depois da hora do almoço, numa terça-feira, 16 de dezembro de 1947. Nesse dia, dois cientistas dos Laboratórios Bell conseguiram, juntando num minúsculo aparelho que tinham acoplado com algumas lâminas de ouro, um chip de material semicondutor e um clipe de papel distorcido. Quando recolocado na posição normal, ele era capaz de ampliar a corrente elétrica e ligar e desligar. O transístor, como logo o aparelho começou a ser chamado, tornou-se para a era digital o que a máquina a vapor significou para a Revolução Industrial.

O advento dos transístores e as subsequentes inovações que permitiam que milhões deles fossem encaixados em minúsculos microchips possibilitaram que a capacidade de processamento de muitos milhares de ENIACs fosse acondicionada em

cabeças cônicas de foguetes espaciais, em computadores que podem ser acomodados no colo, em calculadoras e *music players* que cabem no bolso e em aparelhos portáteis capazes de trocar informações ou entretenimento com qualquer recanto ou ponto de um planeta interligado por redes.

Três colegas entusiastas e apaixonados, cujas personalidades complementavam-se e conflitavam umas com as outras, haveriam de entrar para a história como inventores do transístor: um habilidoso pesquisador chamado Walter Brattain, um teórico quântico chamado John Bardeen, e o mais apaixonado e entusiasmado de todos eles — com resultados infelizes no final —, um especialista em física de estado sólido, William Shockley.

Mas houve outro protagonista nesse drama que, na verdade, foi tão importante quanto qualquer indivíduo: os Laboratórios Bell, onde esses homens trabalhavam. O que tornou possível o transístor foi mais uma reunião de diversos talentos que os saltos imaginativos de alguns gênios. Pela própria natureza, o transístor exigia uma equipe que reunisse teóricos com um senso intuitivo para fenômenos quânticos e cientistas competentes capazes de obter no forno porções de silício a partir de matéria-prima impura, além de pesquisadores habilidosos, químicos industriais, especialistas em produção industrial e latoeiros inventivos.

LABORATÓRIOS BELL

Em 1907, a American Telephone and Telegraph Company enfrentou uma crise. As patentes de seu fundador, Alexander Graham Bell, tinham expirado, e a empresa parecia em risco de perder seu quase monopólio dos serviços de telefonia. Sua diretoria chamou de volta um presidente aposentado, Theodore Vail, que resolveu revigorar a companhia empenhando-se num objetivo ousado: construir um sistema que pudesse conectar uma chamada entre Nova York e San Francisco. O desafio exigia a combinação de feitos de engenharia com saltos de ciência pura. Com o uso de válvulas eletrônicas e outras tecnologias, a AT&T construiu aparelhos de repetição e amplificação que conseguiram atingir o objetivo em 1915. Durante a primeira e histórica ligação transcontinental, além de Vail e do presidente Woodrow Wilson, encontrava-se presente também o próprio Bell, que repetiu suas famosas palavras de 39 anos antes: “Sr. Watson, venha cá, quero vê-lo”. Dessa vez, seu ex-assistente Thomas Watson, que estava em San Francisco, respondeu: “Isso levaria uma semana”.[1]

Assim se plantou a semente de uma nova organização industrial que se tornou conhecida como Laboratórios Bell. Localizada de início na área oeste de Greenwich Village, em Manhattan, com vista para o rio Hudson, ela reunia teóricos, cientistas de materiais, metalúrgicos, engenheiros e até escaladores de postes da AT&T. Foi ali que George Stibitz desenvolveu um computador usando relés eletromagnéticos e

Claude Shannon trabalhou em teoria da informação. Como o Centro de Pesquisa de Palo Alto da Xerox (Xerox Palo Alto Research Center — Xerox PARC) e outras organizações similares que se seguiram, os Laboratórios Bell mostraram como podia ocorrer inovação contínua quando se reuniam vários talentos, de preferência em estreita proximidade física, graças à qual reuniões e encontros frequentes facilitavam o surgimento de descobertas felizes. Esse era o lado bom. O lado ruim era que se tratava de estruturas altamente burocráticas sob o domínio corporativo; os Laboratórios Bell, como o Xerox PARC, revelavam os limites de organizações industriais que não dispõem de líderes entusiastas e rebeldes capazes de transformar inovações em grandes produtos.

O chefe do departamento de válvulas eletrônicas dos Laboratórios Bell era um homem dinâmico do Missouri chamado Mervin Kelly, que se formara em metalurgia na Escola de Minas do Missouri e depois obteve o grau de Ph.D. sob a orientação de Robert Millikan, na Universidade de Chicago. Ele conseguiu produzir válvulas mais confiáveis desenvolvendo um sistema de esfriamento de água, mas percebeu que válvulas nunca haveriam de ser um método eficiente de amplificação ou um bom comutador. Em 1936, ele foi promovido a diretor de pesquisas dos Laboratórios Bell, e sua prioridade era encontrar uma alternativa para as válvulas.

O grande insight de Kelly foi que os Laboratórios Bell, que tinham sido um bastião da engenharia prática, podiam também ser foco de ciência básica e pesquisa teórica, até então restritas às universidades. Ele começou a buscar os físicos jovens mais brilhantes do país, com o grau de ph.D. Sua missão era fazer da inovação algo que uma organização industrial pudesse produzir regularmente, em vez de ceder esse território a gênios excêntricos enfurnados em garagens e sótãos.

"Começou-se a refletir, nos Laboratórios Bell, se a chave da invenção era uma questão de gênio individual ou de colaboração", escreveu Jon Gertner em *The Idea Factory* [A fábrica de ideias], um estudo sobre os Laboratórios Bell.[2] A resposta era: as duas coisas. "É indispensável que haja muitos homens, em muitos campos da ciência, combinando seus vários talentos, para canalizar toda a pesquisa necessária para o desenvolvimento de um novo aparelho", explicou Shockley mais tarde.[3] Ele estava certo. Não obstante, estava, com isso, exibindo um raro lampejo de humildade fingida. Mais que qualquer outro, Shockley acreditava na importância do gênio individual, como ele próprio. Mesmo Kelly, que defendia a colaboração, percebeu que o gênio individual também precisava ser estimulado. "Com toda a necessária ênfase na liderança, na organização e no trabalho em equipe, o indivíduo continuava numa posição de destaque — de suma importância", afirmou ele certa ocasião. "É na mente de uma única pessoa que nascem as ideias criativas."[4]

A chave da inovação — nos Laboratórios Bell e na era digital em geral — era perceber que não havia conflito em estimular os gênios individuais e estimular o trabalho em equipe. As duas coisas não eram excludentes. Na verdade, ao longo da era digital, as duas abordagens andaram par a par. Gênios criativos (John Mauchly,

William Shockley, Steve Jobs) conceberam ideias inovadoras. Engenheiros práticos (Presper Eckert, Walter Brattain, Steve Wozniak) trabalharam bem próximo deles para transformar conceitos em aparelhos. E equipes de técnicos e de empreendedores, trabalhando em conjunto, cuidaram para transformar a invenção num produto de utilidade prática. Quando parte desse ecossistema falta, como no caso de John Atanasoff, na Universidade Estadual de Iowa, ou de Charles Babbage, no anexo no fundo de sua casa em Londres, grandes conceitos terminam sendo relegados aos porões da história. E quando grandes equipes carecem de visionários entusiasmados, como foi o caso da Penn depois da saída de Eckert, Princeton depois da saída de Neumann, ou dos Laboratórios Bell depois de Shockley, a inovação pouco a pouco se esvai.

A necessidade de combinar teóricos com engenheiros era especialmente crucial num campo que estava se tornando cada vez mais importante nos Laboratórios Bell: a física do estado sólido, que estudava como os elétrons fluíam através de materiais sólidos. Na década de 1930, seus engenheiros estavam trabalhando com materiais como o silício — a partir de oxigênio, o elemento mais comum da face da Terra e um componente-chave da areia — com o objetivo de induzi-los a executar tarefas eletrônicas. Ao mesmo tempo, no mesmo edifício, os teóricos da Bell lutavam com alucinantes descobertas no campo da mecânica quântica.

A mecânica quântica baseia-se em teorias desenvolvidas pelo físico dinamarquês Niels Bohr e outros sobre o que acontece no interior de um átomo. Em 1913, Bohr apresentou um modelo de estrutura atômica no qual os elétrons orbitavam um núcleo em níveis específicos. Eles poderiam dar um salto quântico de um nível para o seguinte, mas nunca ficar entre um nível e outro. O número de elétrons no nível orbital mais externo ajudava a determinar as propriedades químicas e eletrônicas do elemento, entre as quais sua capacidade de conduzir eletricidade.

Alguns elementos, como o cobre, são bons condutores de eletricidade. Outros, como o enxofre, são péssimos condutores, sendo, portanto, bons isolantes. E existem aqueles que ficam no meio-termo, como o silício e o germânio, chamados de semicondutores. A vantagem destes é que são de fácil manipulação para se tornarem condutores melhores. Por exemplo, se você acrescenta ao silício uma pequena quantidade de arsênio ou boro, seus elétrons ficam livres para se movimentar.

Os avanços da teoria quântica ocorreram na mesma época em que os metalurgistas dos Laboratórios Bell estavam descobrindo formas de criar novos materiais usando técnicas novas de purificação, estratagemas químicos e fórmulas para combinar minerais raros e minerais comuns. Na tentativa de resolver problemas do dia a dia, como filamentos de válvulas que queimavam rápido demais ou diafragmas de fones que pareciam muito pequenos, eles estavam produzindo novas ligas e desenvolvendo métodos para aquecer ou esfriar amálgamas para que funcionassem

melhor. Por tentativa e erro, como chefs numa cozinha, estavam criando uma revolução nos materiais que haveriam de acompanhar de perto a revolução teórica que estava acontecendo na mecânica quântica.

Enquanto faziam experiências com suas amostras de silício e germânio, os engenheiros químicos dos Laboratórios Bell depararam com provas daquilo que havia muito os teóricos do estado sólido estavam conjecturando.* Ficou claro que havia muita coisa que os teóricos, engenheiros e especialistas em metalurgia poderiam aprender uns com os outros. Assim, em 1936, formou-se um grupo de estudos do estado sólido nos Laboratórios Bell que congregava um elenco de estrelas práticas e teóricas. Seus membros se reuniam uma vez por semana ao final da tarde para compartilhar descobertas, entabular um pouco de conversa mole em estilo acadêmico e demorar-se em discussões informais que prosseguiam noite adentro. Havia uma vantagem em encontrar-se em vez de apenas ler os artigos de seus pares: as intensas interações permitiam que as ideias fossem lançadas em esferas mais altas e, como elétrons, eventualmente produzissem reações em cadeia.

De todos os integrantes, um se destacava. William Shockley, teórico que chegara aos Laboratórios Bell justamente quando o grupo de estudos estava sendo formado, impressionava os colegas, e às vezes os assustava, com seu intelecto e seu entusiasmo.

WILLIAM SHOCKLEY

William Shockley cresceu apreciando arte e ciência. Seu pai estudou engenharia de minas no MIT, fez cursos de música em Nova York, aprendeu sete línguas enquanto percorria a Europa e a Ásia como aventureiro e negociante de minérios. Sua mãe graduou-se em matemática e arte em Stanford e foi a primeira alpinista a conseguir escalar sozinha o monte Whitney. Os dois se conheceram numa minúscula cidade mineira de Nevada, Tonopah, onde ele estava reclamando certos direitos de propriedade e ela fora trabalhar na área de supervisão. Depois que se casaram, mudaram-se para Londres, onde nasceu seu filho, em 1910.

William haveria de ser o filho único do casal, que se sentiu muito satisfeito com isso. Ainda bebê, ele revelou um temperamento feroz, com acessos de raiva tão ruidosos e demorados que os pais viviam perdendo babás e apartamentos. Num diário, o pai contou que o menino “gritava na maior altura que lhe era possível, curvando o corpo e sacudindo-se vigorosamente” e registrou que ele “mordeu a mãe inúmeras vezes”.[5] Sua tenacidade era brutal. Em qualquer situação, ele simplesmente tinha de conseguir o que queria. Os pais por fim resolveram adotar uma política de rendição. Abandonaram qualquer tentativa de discipliná-lo, e até os oito anos de idade deram-lhe aulas em casa. Naquela altura eles tinham se mudado para Palo Alto, onde viviam os avós maternos de William.

Convencidos de que o filho era um gênio, seus pais o encaminharam a uma avaliação com Lewis Terman,** que elaborara o teste de QI Stanford-Binet e planejava um estudo de crianças superdotadas. O pequeno Shockley atingiu a marca de 120, respeitável, mas não o bastante para que Terman o considerasse genial. Shockley viria a ficar obcecado por testes de QI e a usá-los para avaliar candidatos a empregos e até colegas, e desenvolveu teorias cada vez mais virulentas sobre raça e inteligência herdada, que iriam envenenar seus últimos anos.[6] Talvez ele tenha percebido, através das experiências de sua vida, as deficiências desse tipo de teste. Apesar de ser classificado como não gênio, era inteligente o bastante para poder pular o curso secundário e graduar-se pelo Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), e a seguir doutorar-se em física do estado sólido no MIT. Era eficiente, criativo e ambicioso. Embora gostasse de fazer truques de mágica e pregar peças, nunca aprendeu a ser natural nem amistoso. Tinha uma intensidade intelectual e pessoal que remontava à infância, o que tornava difícil lidar com ele, ainda mais quando se tornou muito bem-sucedido.

Na época em que Shockley se graduou pelo MIT em 1936, Mervin Kelly veio dos Laboratórios Bell para entrevistá-lo e logo lhe ofereceu um emprego. Além disso, deu a ele uma missão: encontrar uma forma de substituir válvulas por um aparelho mais estável, compacto e barato. Três anos depois, Shockley se convenceu de que poderia encontrar uma solução usando material sólido como silício, em vez de filamentos luminosos dentro de uma válvula. "Hoje me veio à mente que, em princípio, é possível fabricar um amplificador usando semicondutores em vez de válvulas", escreveu ele em seu caderno de anotações do laboratório em 29 de dezembro de 1939.[7]

Shockley teve a sagacidade de visualizar a teoria quântica, constatar que ela explicava o movimento dos elétrons da mesma forma como um coreógrafo consegue visualizar uma dança. Seus colegas diziam que ele era capaz de olhar para o material semicondutor e ver os elétrons. Não obstante, para transformar suas intuições artísticas em uma verdadeira invenção, Shockley precisava de um parceiro que fosse um pesquisador habilidoso, assim como Mauchly precisava de Eckert. Como se tratava dos Laboratórios Bell, havia muitos no edifício, entre os quais o alegremente intratável Walter Brattain, originário do oeste, que gostava de produzir aparelhos engenhosos com componentes semicondutores, como óxido cúprico. Por exemplo, ele fabricou retificadores elétricos, que transformam a corrente alternada em corrente contínua, baseado no fato de que a corrente flui em apenas uma direção através de uma interface na qual uma peça de cobre entra em contato com uma camada de óxido cúprico.

Brattain cresceu num rancho isolado na região leste do estado de Washington, onde, quando criança, cuidava de gado. Com sua voz áspera e seu jeito despretensioso, ele fingia o estilo autodepreciativo de um caubói confiante. Era um improvisador nato, com dedos ágeis, e gostava de bolar experimentos. "Ele era capaz

de colar coisas com cola de selo e clipes para papel", lembrou um engenheiro com quem trabalhou nos Laboratórios Bell.[8] Mas também tinha uma destreza mental que o levava a procurar atalhos em vez de trilhar os caminhos de sempre.

Para encontrar um substituto de estado sólido para uma válvula, Shockley teve a ideia de colocar uma grade numa camada de óxido cúprico. Brattain se mostrou cético. Rindo, disse-lhe que já tentara isso antes e nunca conseguira produzir um amplificador. Mas Shockley insistiu. "É tão importante", disse Brattain por fim, "que, se você me disser como quer que isso seja feito, vou tentar."[9] Mas, como Brattain previra, não deu certo.

Antes que Shockley e Brattain conseguissem entender por que o procedimento falhara, eclodiu a Segunda Guerra Mundial. Shockley partiu, tornando-se diretor de pesquisas do departamento de antissubmarinos da Marinha, onde desenvolveu análises de detonação de bombas em águas profundas para melhorar os ataques contra os submarinos alemães. Mais tarde, viajou para a Europa e para a Ásia a fim de ajudar a viabilizar o uso de radares pelos bombardeiros B-29. Brattain, por sua vez, estabeleceu-se em Washington para trabalhar em tecnologias de detecção de submarinos para a Marinha, concentrando-se em aparelhos magnéticos transportados por aviões.

A EQUIPE DE ESTADO SÓLIDO

Enquanto Shockley e Brattain estavam fora, a guerra transformava os Laboratórios Bell. Eles se tornaram parte da relação triangular que se formou entre governo, universidades dedicadas à pesquisa e indústria privada. Como observou o historiador Jon Gertner,

> nos anos que logo se seguiram a Pearl Harbor, os Laboratórios Bell desenvolveram quase mil projetos diferentes para as Forças Armadas — desde aparelhos de rádio para tanques e sistemas de comunicação para pilotos que usavam máscaras de oxigênio até máquinas para codificar mensagens secretas.[10]

O staff dobrou de tamanho: o número de funcionários chegou a 9 mil.

Tendo crescido a ponto de tornar pequena sua sede em Manhattan, a maior parte dos Laboratórios Bell mudou-se para duzentos acres em Murray Hill, Nova Jersey. Mervin Kelly e seus colegas queriam que seu novo lar parecesse um campus universitário, mas sem a separação de várias disciplinas em edifícios diferentes. Eles sabiam que a criatividade surgia de encontros fortuitos. "Todos os edifícios foram interligados para evitar uma delimitação geográfica estanque e para estimular o

intercâmbio e o contato próximo entre eles", escreveu um executivo.[11] Os corredores eram extensos, com comprimento maior que dois campos de futebol, e projetados para promover encontros aleatórios de pessoas com diferentes talentos e especialidades, estratégia que Steve Jobs retomou ao projetar a nova sede da Apple, setenta anos depois. Qualquer pessoa que andasse nas proximidades dos Laboratórios Bell podia ser bombardeada por ideias casuais, logo assimiladas, como uma célula solar. Claude Shannon, o excêntrico teórico da informação, às vezes pilotava um monociclo para cima e para baixo nos longos corredores de piso vermelho enquanto fazia malabarismos com três bolas e cumprimentava os colegas com gestos de cabeça.*** Era uma extravagante metáfora para a excitação de "não deixar as bolas caírem" que imperava nos halls.

Em novembro de 1941, Brattain escreveu o último registro em seu diário, no caderno nº 18194, antes de deixar os Laboratórios Bell em Manhattan, para servir o Exército na guerra. Quase quatro anos depois, ele pegou o mesmo caderno em seu novo laboratório em Murray Hill e iniciou um novo registro. "A guerra acabou." Kelly designou Brattain e Shockley para uma pesquisa em equipe cujo objetivo era "elaborar uma abordagem unificada para o trabalho teórico e experimental na área de estado sólido". A missão era a mesma que eles tinham antes da guerra: criar um substituto para a válvula usando semicondutores.[12]

Quando Kelly distribuiu a lista de quem iria participar da equipe de pesquisa de estado sólido, Brattain admirou-se com o fato de que ela só incluía bambambãs. "Por Deus! Não há nenhum panaca na equipe", lembrou-se de ter dito. Em seguida parou para lamentar: "Talvez eu seja o panaca da equipe". Como declarou ele depois, "provavelmente aquela era uma das maiores equipes de pesquisa jamais reunida".[13]

Shockley era o teórico principal, mas, devido a suas funções como supervisor da equipe — ele ficava num andar diferente —, decidiu-se agregar mais um teórico. O escolhido foi um expert em teoria quântica de voz mansa, John Bardeen. Criança prodígio que pulara três séries na escola, Bardeen tinha escrito sua tese de doutorado sob a orientação de Eugene Wigner, em Princeton, e no período em que serviu na guerra, no laboratório do Estado-Maior da Marinha, discutira projetos de torpedo com Einstein. Ele era um dos maiores especialistas do mundo em usar a teoria quântica para entender como os materiais conduzem eletricidade, e tinha, segundo seus colegas, uma "genuína capacidade de colaborar com facilidade tanto com pesquisadores quanto com teóricos".[14] A princípio, não havia um gabinete separado para Bardeen, então ele se enfiou no espaço de Brattain no laboratório. Foi uma jogada inteligente que demonstrou, mais uma vez, a energia criativa gerada pela proximidade física. Mantendo-se juntos, o teórico e o pesquisador poderiam produzir brainstormings face a face, continuamente.

Ao contrário de Brattain, volúvel e conversador, Bardeen era tão tranquilo e silencioso que foi apelidado de "John Sussurro". Para entender seus murmúrios, as pessoas tinham de se inclinar para a frente, mas elas perceberam que valia a pena. Ele

era também contemplativo e circunspecto, ao contrário de Shockley, que tinha a velocidade do raio e, impulsivo, expunha sem parar teorias e assertivas.

Os insights nasciam da interação dos dois. "A estreita colaboração entre pesquisadores e teóricos estendia-se ao longo de todos os estágios da pesquisa, da concepção do experimento à análise dos resultados", disse Bardeen.[15] Suas reuniões improvisadas, em geral dirigidas por Shockley, aconteciam quase todos os dias, numa demonstração cabal de criatividade em que cada um completava a frase iniciada por outro. "Nós nos encontrávamos para discutir etapas importantes quase de forma impulsiva", disse Brattain. "Muitos de nós tinham ideias nesses grupos de discussão: as observações de um sugeriam uma ideia a outro."[16]

Essas reuniões passaram a ser chamadas de "sessões de quadro-negro" ou "conversas de giz", porque Shockley ficava de pé, de giz na mão, esboçando ideias. Brattain, sempre impetuoso, andava no fundo da sala gritando objeções a algumas sugestões de Shockley, às vezes apostando um dólar como elas não iriam funcionar. Shockley não gostava de perder. "Por fim descobri que ele ficou aborrecido por me ter pagado certa vez dez moedas de dez centavos", recordou Brattain.[17] As interações se davam também em seus passeios fora do local de trabalho; eles muitas vezes jogavam golfe juntos, saíam para tomar cerveja num pequeno restaurante chamado Snuffy's e disputavam partidas de bridge com as respectivas esposas.

O TRANSÍSTOR

Com essa nova equipe nos Laboratórios Bell, Shockley retomou a teoria, com a qual estivera brincando cinco anos antes, de um substituto de estado sólido para a válvula. Se um forte campo elétrico fosse colocado bem próximo a uma placa de material semicondutor, postulava ele, o campo puxaria alguns elétrons para a superfície, permitindo a ocorrência de uma corrente elétrica através da placa. Potencialmente, isso permitiria a um semicondutor usar um sinal bem fraco para controlar um sinal muito mais forte. Uma corrente muito fraca podia proporcionar o input e podia controlar (ou ligar e desligar) uma corrente de output muito mais potente. Assim, o semicondutor poderia ser usado como amplificador ou interruptor, exatamente como uma válvula.

Houve um pequeno problema com esse "efeito de campo": quando Shockley testou a teoria — sua equipe submeteu uma placa a uma carga de mil volts e a colocou a apenas um milímetro de distância da superfície do semicondutor — e o resultado não foi o esperado. "Não houve mudança observável na corrente", escreveu ele em seu caderno de anotações do laboratório. Aquilo, disse ele mais tarde, "era uma coisa muito misteriosa".

Tentar descobrir por que uma teoria falhou pode apontar o caminho para uma melhor, de modo que Shockley pediu a Bardeen que apresentasse uma explicação.

Os dois passaram horas discutindo o que era conhecido como "estados de superfície", as propriedades eletrônicas e a descrição, do ponto de vista da mecânica quântica, das camadas de átomos mais próximas da superfície dos materiais. Depois de cinco meses, Bardeen teve seu insight. Ele foi ao quadro-negro no espaço que partilhava com Brattain e se pôs a escrever.

Bardeen percebeu que quando um semicondutor é carregado, os elétrons ficam presos em sua superfície. Eles não podem se mover livremente. Formam um escudo, e um campo elétrico, ainda que bastante potente a um milímetro de distância, não consegue penetrar essa barreira. "Esses elétrons acrescentados ficavam presos, imóveis, na condição de superfície", observou Shockley. "Com efeito, a superfície servia de escudo para o interior do semicondutor, sob a influência da placa de controle com carga positiva."[18]

Agora a equipe tinha uma nova missão: encontrar uma forma de romper o escudo que se formava na superfície dos semicondutores. "Nós nos concentramos em novos experimentos relacionados com as condições das superfícies de Bardeen", explicou Shockley. Eles teriam de quebrar essa barreira para fazer o semicondutor ser capaz de regular, ligar/desligar e amplificar a corrente.[19]

No ano seguinte o progresso foi muito lento, mas em novembro de 1947 uma série de descobertas fez com que aquele mês ficasse conhecido como o Mês Miraculoso. Bardeen desenvolveu a teoria do "efeito fotovoltaico", segundo a qual uma luz que incide sobre dois materiais diferentes que estão em contato um com outro produzirá uma voltagem elétrica. Esse processo, presumiu ele, talvez pudesse deslocar alguns dos elétrons que criaram o escudo. Brattain, trabalhando lado a lado com Bardeen, idealizou experimentos muito engenhosos para testar formas de fazer isso.

Depois de algum tempo, a sorte mostrou estar ao lado deles. Brattain realizava alguns dos experimentos num recipiente térmico, para poder variar a temperatura. A condensação no silício, porém, continuava a atrapalhar as medições. A melhor maneira de resolver o problema seria acondicionar toda a aparelhagem num vácuo, mas isso seria muito trabalhoso. "Sou fundamentalmente um cientista preguiçoso", reconheceu Brattain. "Então tive a ideia de imergir o sistema num líquido dielétrico."[20] Ele encheu o recipiente de água, o que se mostrou uma forma simples de evitar o problema da condensação. Ele e Bardeen tentaram esse expediente em 17 de novembro, e funcionou muitíssimo bem.

Era uma segunda-feira. Ao longo de toda aquela semana, eles discutiram uma série de problemas teóricos e ideias para experimentos. Na sexta-feira, Bardeen propôs uma forma de eliminar a necessidade de imergir a aparelhagem na água. Em vez disso, sugeriu, eles podiam usar uma gota de água ou uma pequena quantidade de gel, no exato lugar em que uma ponta de metal aguçada penetrava na peça de silício. "Vamos, John", respondeu Brattain com entusiasmo. "Vamos fazer isso." Um desafio era o fato de a ponta de metal não poder entrar em contato com a gota de água, mas

Brattain, um feiticeiro da improvisação, resolveu a questão com cera de vedação. Ele encontrou uma bela placa de silício, pôs sobre ela uma gotícula de água, cobriu um pedaço de fio com cera para isolá-lo e enfiou o fio na gota de água e no silício. Deu certo. Conseguiu-se amplificar a corrente, pelo menos de leve. Desse invento do "ponto de contato" nasceu o transístor.

Bardeen entrou no laboratório na manhã seguinte para registrar os resultados em seu caderno de anotações. "Esses testes mostram de forma cabal que é possível induzir um eletrodo ou placa de acumulador para controlar o fluxo da corrente num semicondutor", concluiu.[21] Ele continuou o trabalho mesmo no domingo, que costumava ser dedicado ao golfe. Os dois concluíram também que era hora de chamar Shockley, que estivera durante meses lidando com outros assuntos. Nas duas semanas seguintes ele foi ao laboratório e fez sugestões, mas no geral deixou que sua dupla dinâmica continuasse no mesmo ritmo acelerado.

Sentado ao lado de Brattain na bancada deste no laboratório, Bardeen oferecia ideias com toda a calma, e Brattain, animado, as punha à prova. Às vezes, durante os experimentos, Bardeen escrevia no caderno de anotações de Brattain. O Dia de Ação de Graças se passou quase sem que eles se dessem conta, pois estavam empenhados em três diferentes projetos: germânio em vez de silício, verniz em vez de cera, ouro para os pontos de contato.

Em geral as teorias de Bardeen levavam aos experimentos de Brattain, mas às vezes se dava o contrário: resultados inesperados davam origem a novas teorias. Num dos experimentos com germânio, a corrente parecia fluir na direção oposta à que eles desejavam. Porém sua potência aumentava de um fator de mais de trezentos, muito mais do que tinham conseguido antes. Assim, eles terminaram agindo segundo a velha piada do físico: sabiam que a abordagem funcionava na prática, mas será que conseguiriam fazê-la funcionar na teoria? Bardeen logo descobriu um meio de chegar a isso. Ele presumiu que a voltagem negativa estava afastando elétrons, causando um aumento em "buracos de elétrons", o que acontece quando não existe nenhuma dessas partículas onde devia existir uma. A existência de tais buracos atrai um fluxo de elétrons.

Havia um problema: esse novo método não amplificava frequências mais altas, entre as quais sons audíveis, o que faria com que fosse inútil para telefones. Bardeen teorizou que a água ou a gota eletrolítica estava emperrando as coisas. Então, concebeu outros procedimentos. Num deles, havia a ponta de um fio enfiada no germânio a uma mínima distância da placa de ouro que estava criando um campo. Isso aumentou a voltagem, pelo menos um pouco, e funcionou em frequências mais altas. Mais uma vez, Bardeen desenvolveu uma teoria para o resultado obtido por pura sorte: "O experimento nos faz supor que buracos estavam fluindo, a partir do ponto de ouro, para dentro da superfície de germânio".[22]

Como um dueto que toca junto ao piano, Bardeen e Brattain prosseguiram em sua atividade criativa. Eles perceberam que a melhor maneira de aumentar a

amplificação seria ter dois pontos de contato inseridos no germânio *realmente* bem juntos. Bardeen calculou que eles deviam ficar a uma distância menor que dois milésimos de polegada [2,5 centímetros] um do outro. Isso constituía um desafio, mesmo para Brattain. Mas ele desenvolveu um método inteligente: colou uma lâmina de ouro numa pequena cunha de plástico parecida com uma ponta de flecha e em seguida usou uma navalha para fazer um minúsculo corte na ponta da cunha, formando assim dois pontos de contato de ouro bem juntos. "Foi só o que fiz", contou Brattain. "Cortei com todo o cuidado com a navalha até que o circuito se abriu, encaixei-o numa mola e o recoloquei na mesma placa de germânio."[23]

Quando Brattain e Bardeen testaram o dispositivo na tarde de terça-feira, 16 de dezembro de 1947, aconteceu algo espantoso: a engenhoca funcionou. "Descobri que, se eu o manejasse da forma correta", lembrou Brattain, "teria um amplificador capaz de amplificar cem vezes, chegando ao nível que possibilitava a audição."[24] Naquela noite, a caminho de casa, o volúvel e tagarela Brattain contou aos demais em seu grupo de caronas que acabara de fazer "o mais importante experimento que realizei em minha vida". Então os fez prometer que não contariam a ninguém.[25] Bardeen, como de hábito, mostrou-se muito mais discreto. Quando chegou em casa naquela noite, porém, fez algo que não era seu hábito: comentou com a mulher sobre algo que acontecera no trabalho. Foi apenas uma frase. Quando ela estava descascando cenouras na pia da cozinha, ele murmurou, calmo: "Hoje descobrimos uma coisa importante".[26]

Com efeito, o transístor foi uma das mais importantes descobertas do século XX. Ele nasceu da colaboração de um teórico e de um pesquisador trabalhando lado a lado, numa relação simbiótica, produzindo teorias e resultados a torto e a direito em tempo real. Ele derivou, também, do fato de os dois terem sido colocados num ambiente onde podiam andar por um longo corredor em que topavam com especialistas capazes de lidar com as impurezas do germânio, além de frequentar um grupo de estudos composto de pessoas que entendiam as explicações, do ponto de vista da mecânica quântica, sobre condições de superfície, e sentar-se num restaurante self-service com engenheiros que conheciam todos os meios para transmitir sinais de telefone a longas distâncias.

Shockley convocou uma reunião com os demais componentes do grupo de semicondutores e alguns supervisores dos Laboratórios Bell para que lhes fosse feita uma demonstração. A reunião aconteceu numa terça-feira, 23 de dezembro. Os executivos puseram fones de ouvido e se revezaram falando num microfone, de modo que podiam ouvir por si mesmos a amplificação de uma voz humana usando um dispositivo simples de estado sólido. Foi um momento que deveria ter a mesma repercussão das primeiras palavras que Alexander Graham Bell gritara num telefone, mas ninguém mais tarde conseguiu lembrar as palavras ditas no aparelho naquela tarde tão importante. Em vez disso, o evento ficou registrado para a história em anotações sucintas feitas nos cadernos do laboratório. "Ligando e desligando o

aparelho, podia-se ouvir um notável ganho no nível da fala", escreveu Brattain.[27] A anotação de Bardeen foi muito mais trivial: "Conseguiu-se a amplificação da voltagem usando-se dois eletrodos de ouro numa superfície de germânio preparada especificamente para isso".[28]

A AUTOSSUFICIÊNCIA DE SHOCKLEY

Shockley assinou o histórico caderno de anotações como testemunha, mas não fez nenhum registro pessoal naquele dia. O orgulho que ele poderia ter do sucesso de sua equipe foi eclipsado por sua intensa e sombria tendência competitiva. "Minhas emoções estavam um pouco em conflito", reconheceu mais tarde.

> Minha alegria com o sucesso da equipe foi moderada pelo fato de eu não ser um dos inventores. Senti certa frustração pelo fato de que meus próprios esforços, que se iniciaram oito anos antes, não tinham resultado em nenhuma contribuição inventiva considerável.[29]

Havia demônios que roíam cada vez mais profundamente sua psique. Ele nunca mais manteria a amizade com Bardeen e Brattain. Em vez disso, se pôs a trabalhar de maneira febril para conseguir paridade com os outros dois no crédito pela invenção e para criar, por conta própria, uma versão ainda melhor.

Pouco depois do Natal, Shockley tomou um trem para Chicago a fim de assistir a duas conferências, mas passou a maior parte do tempo em seu quarto no Bismarck Hotel, planejando um novo método para criar o dispositivo. Na véspera do Ano-Novo, enquanto os participantes do evento dançavam no salão de baile no térreo, ele escreveu sete páginas de anotações em papel quadriculado. No primeiro dia do ano de 1948, ao acordar, escreveu mais treze. Ele as enviou por avião para um colega dos Laboratórios Bell, que as colou no caderno de anotações de laboratório de Shockley e pediu a Bardeen que as assinasse na qualidade de testemunha.

Àquela altura, Mervin Kelly tinha determinado a um dos advogados da instituição que elaborasse, o mais rápido possível, uma série de solicitações de patentes do novo aparelho. Os Laboratórios Bell não eram a Universidade Estadual de Iowa, onde não havia ninguém da equipe para se encarregar desse tipo de tarefa. Quando Shockley voltou de Chicago, descobriu que Bardeen e Brattain já tinham sido consultados, e ficou transtornado. Então os chamou, separadamente, ao seu escritório e explicou por que lhe cabia o crédito principal — talvez até todo o crédito do invento. "Ele pensava", recordou Brattain, "que podia elaborar uma patente, começando com o efeito de campo, relativa a toda a maldita coisa." Bardeen, como era de seu feitio, não se pronunciou, embora tenha murmurado com amargor quando

tudo terminou. Brattain, como de hábito, ficou furioso. "Diabos, Shockley", exclamou. "Há glória suficiente para todo mundo nessa história."[30]

Shockley pressionou os advogados do centro de pesquisas para que requeressem uma patente muito abrangente, baseada em seu insight inicial de que um efeito de campo poderia influenciar a corrente num semicondutor. Mas em suas investigações os advogados descobriram que uma patente já tinha sido conferida, em 1930, a um físico pouco conhecido chamado Julius Lilienfeld, que havia proposto (mas nunca construiu ou entendeu) um aparelho usando o efeito de campo. Então eles resolveram lutar por uma patente para a invenção mais limitada de um método de ponto de contato para construir um aparelho semicondutor, e apenas os nomes de Bardeen e Brattain constavam desse requerimento. Os advogados interrogaram os dois separadamente, e ambos disseram que se tratara de um trabalho feito em conjunto, no qual os dois haviam contribuído na mesma medida. Shockley ficou furioso por estar sendo deixado de fora dos mais importantes requerimentos de patente. Os executivos dos Laboratórios Bell tentaram disfarçar o conflito pedindo que todas as fotos publicitárias e releases incluíssem os três homens.

Ao longo das três semanas seguintes, Shockley ficou cada vez mais alterado, ainda mais pelo fato de sofrer de distúrbios do sono.[31] Sua "vontade de pensar", como a chamou, foi guiada pela "minha própria motivação para desempenhar um papel mais importante, mais significativo, mais do que gerencial, naquilo que era, claro, uma realização de enorme importância potencial".[32] A altas horas da noite, ele se punha a andar em círculos, buscando maneiras melhores de construir o aparelho. No princípio da manhã de 23 de janeiro de 1948, um mês após a demonstração da invenção de Bardeen-Brattain, Shockley acordou com um insight que harmonizava as ideias que concebera em sua viagem a Chicago. Sentado à mesa da cozinha, ele se pôs a escrever febrilmente.

A ideia de Shockley envolvia uma forma de fabricar um amplificador semicondutor menos inseguro que o aparelho que Bardeen e Brattain tinham feito às pressas. Em vez de aglomerar pontos de ouro numa placa de germânio, ele imaginou uma abordagem mais simples de "junção" semelhante a um sanduíche. O aparelho teria uma camada superior e uma camada inferior de germânio, a que se acrescentariam previamente impurezas, para que tivessem um excesso de elétrons; e entre as duas camadas haveria uma fina lâmina de germânio com buracos ou um déficit de elétrons. As camadas com excesso de elétrons seriam chamadas de germânio "tipo N", em que o "N" significava *negativo*, e a camada com déficit ou buracos seria classificada como "tipo P", isto é, *positivo*. Cada camada seria ligada a um fio que permitia manipular o grau de sua voltagem. A camada do meio funcionaria como uma barreira ajustável que, dependendo do modo como era posicionada, valendo-se da voltagem, regulava a corrente de elétrons que fluía entre as camadas superior e inferior. Aplicar uma pequena voltagem positiva à barreira resultaria, escreveu Shockley, "no aumento exponencial do fluxo de elétrons". Quanto mais forte fosse a

carga aplicada na camada tipo P, mais ela atrairia elétrons da camada tipo N para a outra. Em outras palavras, ela poderia amplificar ou interromper a corrente que passava pelo semicondutor — e isso em meros bilionésimos de segundo.

Shockley fez algumas anotações em seu caderno de laboratório, mas manteve sua ideia em segredo por quase um mês. "Eu sentia um impulso competitivo para realizar, por minha própria conta, algumas invenções importantes relativas ao transístor", admitiu depois.[33] Ele nada comunicou a seus colegas até meados de fevereiro, quando estes assistiam à apresentação de um trabalho relacionado ao aparelho, feito por um cientista dos Laboratórios Bell. Shockley lembrou-se de ter ficado "sobressaltado" no momento em que o cientista apresentou algumas descobertas que corroboravam as bases teóricas para um aparelho baseado na junção, e imaginou que alguém no auditório, mais provavelmente Bardeen, poderia dar os passos lógicos seguintes. "Dali em diante", afirmou, "a ideia de usar agregados P-N, em vez de pontos de contato de metal, não passaria de um pequeno passo, e se inventaria o transístor baseado na junção." Assim, antes que Bardeen ou algum outro pudesse levantar a possibilidade de tal aparelho, Shockley levantou-se de um salto e subiu ao palco para revelar o projeto em que estivera trabalhando. "Eu não quis ser deixado para trás naquela ocasião", escreveu mais tarde.[34]

Bardeen e Brattain ficaram espantados. O fato de que Shockley tinha se mostrado tão reservado em relação a sua nova ideia — violando assim a regra do compartilhamento que era parte da cultura da instituição — os perturbou. Todavia, eles não puderam deixar de se impressionar com a beleza simples da abordagem de Shockley.

Depois que se fizeram requerimentos de patentes para ambos os métodos, a direção dos Laboratórios Bell concluiu que já estava na hora de tornar o invento público. Mas primeiro eles precisavam lhe dar um nome. Internamente, ele fora chamado de "triodo semicondutor" e "amplificador de estado de superfície", mas esses não eram nomes atraentes o bastante para uma invenção que, eles presumiam acertadamente, iria revolucionar o mundo. Certo dia, um colega chamado John Pierce entrou no escritório de Brattain. Além de bom engenheiro, ele era habilidoso no uso das palavras e escrevia contos e artigos para revistas de ficção científica sob o pseudônimo de J. J. Coupling. Duas de suas muitas tiradas espirituosas eram: "A natureza abomina o tubo a vácuo [válvula]" e "Depois de ter crescido de maneira tumultuada durante anos, o campo da computação parece estar chegando à infância". Brattain declarou: "Você é justamente a pessoa com quem eu queria conversar". Ele lhe explicou a questão do nome, e quase no mesmo instante Pierce apresentou uma sugestão. Visto que o aparelho tinha a propriedade de transresistência e devia ter um nome similar a aparelhos como termístor e varístor, Pierce propôs *transístor*. Brattain exclamou: "É isso!". O processo de dar nome ao invento ainda teria de ser submetido

a uma reunião de todos os engenheiros, mas *transístor* venceu com facilidade a disputa com mais de cinco outras opções.[35]

Em 30 de junho de 1948, a imprensa se reuniu no velho edifício do auditório dos Laboratórios Bell, na West Street, em Manhattan. O evento apresentou Shockley, Bardeen e Brattain como um grupo, e foi presidido pelo diretor de pesquisas, Ralph Bown, que trajava um terno escuro e uma colorida gravata-borboleta. Ele ressaltou que a invenção surgira de uma combinação de trabalho em equipe e talento individual:

> A pesquisa científica é reconhecida cada vez mais como trabalho de grupo ou de equipe [...]. O que apresentamos hoje para vocês representa um excelente exemplo de trabalho em equipe, de brilhantes contribuições individuais e da importância da pesquisa básica num contexto industrial.[36]

Isso descrevia de maneira precisa a combinação que se tornou a fórmula para a inovação na era digital.

O *New York Times* relegou o caso à página 46, como último assunto de sua coluna "Notícias do Rádio", depois de uma nota sobre a transmissão de um concerto de ópera que estava para ser realizada. Mas a *Time* apresentou-o como a matéria de mais destaque de sua seção de ciências, com a chamada "Pequeno Neurônio". Os Laboratórios Bell insistiram na recomendação de que Shockley aparecesse, em todas as fotos publicitárias, junto com Bardeen e Brattain. A mais famosa mostra os três no laboratório de Brattain. No exato momento em que ia ser tirada, Shockley sentou-se na cadeira de Brattain, como se a mesa e o microscópio fossem seus, tornando-se, assim, o destaque da foto. Anos depois, Bardeen descreveria a consternação permanente de Brattain e seu ressentimento contra Shockley: "Cara, Walter odeia essa foto [...]. Trata-se do equipamento dele e de nosso experimento, e Bill não tinha nada a ver com aquilo".[37]

RÁDIOS TRANSISTORIZADOS

Os Laboratórios Bell eram um cadinho de inovação. Além do transístor, eles foram pioneiros na concepção de circuitos de computadores, tecnologia do laser e telefonia celular. Todavia, foram menos eficientes na capitalização de suas invenções. Como parte de uma empresa convencional que detivera o monopólio da maioria dos serviços telefônicos, os Laboratórios Bell não se mostravam ávidos por novos produtos, e em termos legais estavam impedidos de expandir seu monopólio e entrar em outros mercados. Para evitar a censura da opinião pública e ações antitruste, a companhia, num gesto de liberalidade, licenciou suas patentes para outras empresas.

No que diz respeito ao transístor, ela estabeleceu uma taxa muito baixa, 25 mil dólares, para qualquer firma que quisesse produzi-los, e chegou oferecer seminários em que eram explicadas as técnicas de fabricação.

Não obstante essa política negligente, houve quem tivesse dificuldades para conseguir uma licença: uma companhia de exploração de petróleo com sede em Dallas, que, após uma reformulação, mudara o nome para Texas Instruments. Seu vice-presidente executivo, Pat Haggerty, que mais tarde haveria de assumir o comando da empresa, tinha trabalhado no Departamento de Aeronáutica da Marinha e se deu conta de que a eletrônica estava prestes a transformar a vida em todos os seus aspectos. Quando ele ouviu falar dos transístores, decidiu que a Texas Instruments descobriria uma forma de explorá-los. Ao contrário de muitas empresas já estabelecidas, reinventar-se era uma grande ousadia. Mas o pessoal dos Laboratórios Bell, lembrou Haggerty, "achou muito divertido o atrevimento de acharmos que seríamos capazes de competir naquele campo". Pelo menos a princípio, a instituição recusou-se a vender uma licença à Texas Instruments. "Isso não é para vocês", disseram à empresa. "Achamos que vocês não conseguirão realizar o que pretendem."38

Na primavera de 1952, Haggerty afinal conseguiu convencer os Laboratórios Bell a vender uma licença para produzir transístores. Além disso, ele contratou Gordon Teal, um pesquisador químico que trabalhava num dos longos corredores da entidade, próximo à equipe de semicondutores. Teal era especialista no trabalho com germânio, mas à época em que começou a trabalhar na Texas Instruments tinha passado a se interessar pelo silício, um elemento mais abundante, capaz de funcionar melhor em temperaturas altas. Em maio de 1954, ele conseguiu fabricar um transístor de silício que usava a estrutura de junção N-P-N desenvolvida por Shockley.

Numa conferência feita naquele mês, perto do final da leitura de um artigo de 31 páginas que quase fez os ouvintes caírem no sono, Teal surpreendeu o público ao afirmar: "Ao contrário do que meus colegas lhes disseram sobre as escassas perspectivas dos transístores de silício, tenho alguns deles em meu bolso". Ele então mergulhou um transístor de germânio, ligado a um gravador, num béquer de óleo quente, fazendo-o parar de funcionar; a seguir fez o mesmo com um de seus transístores de silício, enquanto a música "Summit Ridge Drive", de Artie Shaw, continuava a soar na mesma altura. "Antes que a sessão acabasse", disse Teal mais tarde, "o público, perplexo, estava lutando por cópias do texto da apresentação, que tínhamos levado conosco."39

A inovação acontece por etapas. No caso do transístor, primeiro houve a invenção, por Shockley, Bardeen e Brattain. Em seguida veio a produção, conduzida por engenheiros como Teal. Por fim, e igualmente importante, houve os empreendedores que pensaram em como criar novos mercados. As ações do resoluto

chefe de Teal, Pat Haggerty, são um exemplo bem vivo dessa terceira etapa do processo de inovação.

Como Steve Jobs, Haggerty conseguiu projetar um campo de distorção da realidade, que usou para estimular as pessoas a realizar coisas que elas julgavam impossíveis. Em 1954, transístores eram vendidos para as Forças Armadas por dezesseis dólares a unidade. Mas para conquistar o mercado de consumidores, Haggerty insistiu que seus engenheiros encontrassem um modo de fabricá-los que lhe permitisse vendê-los por menos de três dólares. Eles conseguiram. Haggerty desenvolveu também um truque à maneira de Jobs, que lhe seria útil então e no futuro, para conceber aparelhos que os consumidores ainda não sabiam que precisavam, mas logo considerariam indispensáveis. No caso do transístor, ele teve a ideia de produzir um pequeno rádio de bolso. Quando tentou convencer a RCA e outras grandes empresas fabricantes de rádios de mesa a associar-se ao empreendimento, elas disseram (com razão) que os consumidores não estavam desejando um rádio de bolso. Mas Haggerty entendeu a importância de criar novos mercados, em vez de meramente explorar os já existentes. Ele convenceu uma pequena empresa de Indianapolis, que fabricava circuitos de antenas de TV, a conjugar forças para produzir o rádio que seria chamado de Regency TR-1. Haggerty fechou o acordo em junho de 1954 e, o que era bem típico, insistiu que o aparelho ficasse pronto em novembro. Ficou.

O rádio Regency, do tamanho de um pacote de fichas de arquivo, usava quatro transístores e custava 49,95 dólares. A princípio, era vendido em parte como um item de segurança, agora que os russos dispunham da bomba atômica. "No caso de um ataque inimigo, seu Regency TR-1 se tornará um de seus bens mais valiosos", lia-se no primeiro manual do proprietário. Mas logo ele se tornou um objeto de desejo dos consumidores e uma obsessão para os adolescentes. Seu estojo de plástico era oferecido, como o iPod, em quatro cores: preto, marfim, vermelho-alaranjado e cinza-fosco. Em um ano, foram vendidos 100 mil, e o aparelho se transformou num dos produtos novos mais populares da história.[40]

De repente, todo mundo nos Estados Unidos sabia o que era um transístor. O diretor da IBM, Thomas Watson Jr., comprou cem rádios Regency e os ofereceu aos seus executivos mais importantes, dizendo-lhes que começassem a trabalhar para usar transístores em computadores.[41]

E — o que teve maior alcance — o rádio transístor tornou-se o primeiro exemplo importante de um tema que define a era digital: tecnologia produzindo aparelhos de uso pessoal. O rádio não era mais um aparelho de sala de estar, de uso partilhado; era um aparelho que permitia ao indivíduo ouvir suas músicas preferidas, onde e quando quisesse — ainda que fossem músicas que seus pais desejavam proibir.

Com efeito, houve uma relação simbiótica entre o advento do rádio transístor e o surgimento do rock 'n' roll. A primeira gravação comercial de Elvis Presley, "That's

All Right", coincidiu com o surgimento do Regency. A música nova e rebelde fez com que toda a garotada desejasse um rádio. E o fato de os rádios poderem ser levados para a praia ou para o porão, longe dos ouvidos reprovadores e dos dedos dos pais, que controlavam a sintonização, permitiu que a música florescesse. "O único desgosto que tenho em relação ao transístor é seu uso para o rock 'n' roll", lamentou-se muitas vezes seu coinventor Walter Brattain, provavelmente meio de brincadeira. Roger McGuinn, que se tornou o vocalista principal do The Byrds, ganhou um rádio transístor ao completar treze anos, em 1955. "Ouvi Elvis", lembrou ele. "Para mim representou uma reviravolta."[42]

Estavam plantadas as sementes para uma mudança na percepção da tecnologia eletrônica, sobretudo entre os jovens. Ela não seria mais o reduto de grandes empresas e das Forças Armadas. Poderia também potencializar a individualidade, a liberdade pessoal e até certo grau de espírito rebelde.

TOCANDO FOGO NO MUNDO

Um problema que afeta equipes de sucesso, sobretudo as mais dinâmicas, é que às vezes elas se desfazem. É preciso um tipo especial de líder — que inspira e ao mesmo tempo estimula, competitivo mas disposto a colaborar — para mantê-las unidas. Shockley não era esse tipo de líder. Era exatamente o oposto. Como mostrou quando concebeu sozinho seu transístor de junção, ele era capaz de ser competitivo e de agir às escondidas de seus próprios colaboradores. Outra qualidade de grandes líderes de equipe é a capacidade de inspirar um *esprit de corps* não hierárquico. Shockley também era ruim nisso. Além de autocrático, ele muitas vezes esmagava talentos. O grande triunfo de Brattain e Bardeen se deu quando Shockley estava dando algumas sugestões, mas não durante sua prática de microgerenciamento ou de chefia.

Durante os jogos de golfe dos fins de semana, Bardeen e Brattain comentavam entre si seu desalento em relação a Shockley. A certa altura Brattain concluiu que Mervin Kelly, o presidente dos Laboratórios Bell, precisava ser informado da situação. "Você quer falar com ele ou quer que eu o faça?", perguntou ele a Bardeen. A tarefa coube a Brattain, mais fluente, o que não era de surpreender.

A reunião dos dois teve lugar no escritório revestido de madeira da casa de Kelly, nas proximidades do bairro de Short Hills. Brattain expôs suas queixas, mostrando quão grosseiro Shockley era como gerente e colega. Kelly refutou as queixas. "Então, por fim, sem pensar no impacto disso, eu, sem querer, contei-lhe que John Bardeen e eu sabíamos quando Shockley tinha inventado o transístor PNP [de junção]", lembrou Brattain. Em outras palavras, ele deixou escapar a informação de que alguns dos conceitos da requisição de patente para o transístor de junção, em que Shockley figurava como o inventor, na verdade surgiram do trabalho feito por

Brattain e Bardeen.

> Kelly percebeu que nem Bardeen nem eu, se nos metêssemos numa disputa por patentes, iríamos mentir sobre o que sabíamos. Isso fez com que ele mudasse totalmente de atitude. E daí por diante minha posição nos Laboratórios Bell ficou um pouquinho mais satisfatória.[43]

Bardeen e Brattain não precisaram mais se reportar a Shockley.

O novo arranjo não bastou para satisfazer Bardeen, que desviou seu foco dos semicondutores e passou a trabalhar na teoria da supercondutividade. Ele assumiu um cargo na Universidade de Illinois. "Meus problemas derivam da invenção do transístor", ele escreveu a Kelly em sua carta de demissão.

> Antes disso, havia um excelente clima de pesquisa aqui [...]. Depois da invenção, a princípio Shockley se recusou a permitir que qualquer outro membro da equipe trabalhasse no problema. Em suma, ele usou o grupo, em larga medida, para explorar suas próprias ideias.[44]

O pedido de demissão de Bardeen e as queixas de Brattain não contribuíram para a permanência de Shockley nos Laboratórios Bell. Sua personalidade intratável fez com que ele fosse preterido quando surgiam oportunidades de promoções. Ele recorreu a Kelly e até ao presidente da AT&T, mas em vão. "Ao diabo com isso", disse então a um colega. "Vou abrir meu próprio negócio. Com isso, ganharei 1 milhão de dólares. E, a propósito, vou fazer isso na Califórnia." Ao ouvir os planos de Shockley, Kelly não tentou dissuadi-lo. Pelo contrário: "Eu lhe disse que, se ele achava que ia ganhar 1 milhão de dólares, que fosse em frente!". Kelly chegou a procurar Laurence Rockefeller para recomendar-lhe que ajudasse a financiar a empreitada de Shockley.[45]

Enquanto se debatia com sua situação em 1954, Shockley entrou numa crise de meia-idade. Depois de ajudar a esposa a enfrentar um câncer de ovário, ele a abandonou enquanto a enfermidade dela estava em remissão e arrumou uma namorada, com quem mais tarde haveria de se casar. E pediu demissão dos Laboratórios Bell. E, como se tratava de uma típica crise da meia-idade, ele até comprou um carro esporte, um Jaguar verde XK120 conversível de dois lugares.

Shockley passou um semestre como professor visitante do Caltech e assumiu um serviço de consultor no Grupo de Avaliação de Sistemas de Armas do Exército em Washington, mas na maior parte do tempo viajava pelo país tentando conceber seu novo empreendimento, visitando empresas de tecnologia e conversando com empreendedores bem-sucedidos como William Hewlett e Edwin Land. "Acho que

vou levantar algum capital e abrir meu próprio negócio", escreveu ele a sua namorada. "Afinal de contas, é evidente que sou mais inteligente, tenho mais energia e entendo muito mais de gente do que essas outras pessoas." Seus diários relativos a 1954 mostram-no se esforçando para compreender o que estava buscando. "O que significa não ser reconhecido por patrões?", escreveu a certa altura. Como acontece em muitas biografias, havia também o tema de corresponder às expectativas de um pai falecido. Considerando seu plano de criar uma empresa que tornaria os transístores ubíquos, ele escreveu: "Ideia de tocar fogo no mundo, motivo de orgulho para um pai".[46]

Tocar fogo no mundo. Apesar do fato de que nunca teria sucesso nos negócios, Shockley haveria de alcançar seu objetivo. A empresa que ele estava prestes a fundar transformaria um vale conhecido por seus pomares de damasco num vale famoso por transformar silício em ouro.

SHOCKLEY SEMICONDUCTOR

Em fevereiro de 1955, na festa anual da Câmara de Comércio de Los Angeles, dois pioneiros da eletrônica foram homenageados: Lee de Forest, que inventara a válvula, e Shockley, um inventor de seu substituto. Shockley sentou-se ao lado de um destacado industrial, Arnold Beckman, o vice-presidente da Câmara. Como Shockley, Beckman trabalhara para os Laboratórios Bell, onde desenvolveu técnicas para a fabricação de válvulas. Quando professor do Caltech, ele inventara vários instrumentos de medição, entre os quais um que media a acidez dos limões, e usara sua invenção como base para a fundação de uma grande empresa industrial.

Naquele agosto, Shockley convidou Beckman para trabalhar na diretoria de sua futura companhia de transístores. "Sondei-o sobre quem mais estaria na diretoria", lembrou Beckman, "e ficou claro que ela seria composta por quase todo mundo que estava envolvido no negócio de instrumentos, e todas essas pessoas seriam seus concorrentes." Beckman percebeu quão "incrivelmente ingênuo" Shockley era; assim, para ajudá-lo a adotar uma estratégia mais sensata, ele o convidou para passar uma semana em Newport Beach, onde mantinha seu veleiro.[47]

O plano de Shockley era fazer transístores usando difusão de gás para instilar impurezas no silício. Regulando o tempo, a pressão e a temperatura, ele podia controlar o processo com exatidão, possibilitando, por esse meio, a fabricação em larga escala de diferentes variedades de transístores. Impressionado com a ideia, o industrial o convenceu a não fundar sua própria empresa, mas, em vez disso, dirigir uma nova divisão da Beckman Instruments, a ser financiada por Beckman.

Seu desejo era instalá-la na área de Los Angeles, reduto da maioria de suas outras divisões. Porém Shockley insistiu que ela deveria se localizar em Palo Alto, onde ele fora criado, para poder ficar próximo de sua velha mãe. Eles gostavam muito

um do outro, o que muita gente achava estranho, mas isso teve a importância histórica de ajudar na criação do Vale do Silício.

Palo Alto era tranquilo, como fora na infância de Shockley, uma pequena cidade com uma universidade, rodeada de pomares. Mas ao longo da década de 1950 sua população dobrou para 52 mil habitantes, e foram construídas doze novas escolas elementares. O influxo se deveu, em especial, ao boom na indústria de defesa da Guerra Fria. Latas de filmes lançadas por aviões espiões americanos U-2 eram enviadas para o Centro de Pesquisas Ames, da Nasa, nas proximidades de Sunnyvale. Fornecedores de material para defesa estabeleceram-se nas áreas adjacentes, como a Lockheed Missiles and Space Division, que fabricava mísseis balísticos lançados por submarinos, e a Westinghouse, que produzia válvulas e transformadores para os sistemas de mísseis. Bairros compostos de conjuntos habitacionais se espalharam para receber jovens engenheiros e professores iniciantes de Stanford. "Havia todas aquelas empresas militares de ponta", lembrou Steve Jobs, que nasceu em 1955 e cresceu na região. "Era uma coisa misteriosa e high-tech, que tornava a vida ali muito excitante."[48]

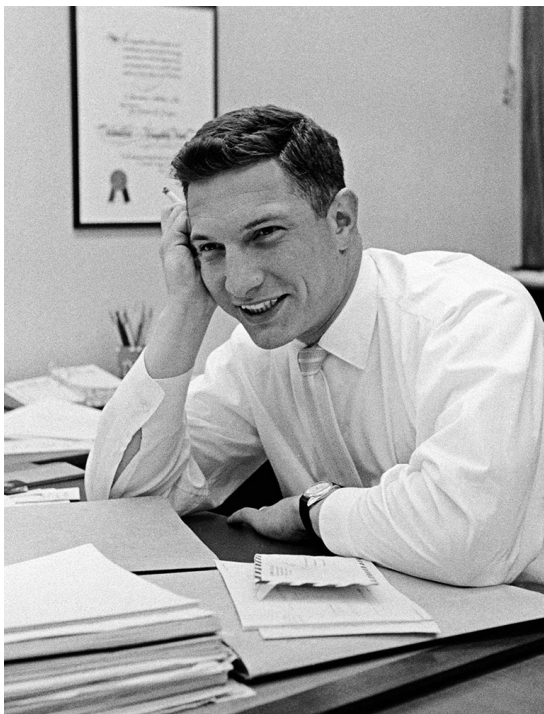
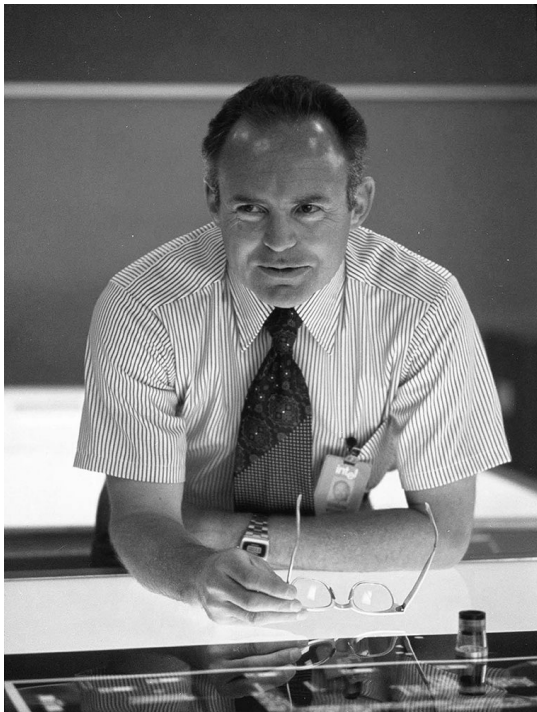
Ao lado dos fabricantes de material de defesa, surgiram companhias que produziam instrumentos elétricos de medição e outros aparelhos tecnológicos. Os primórdios do setor remontavam a 1938, quando Dave Packard, empreendedor da área eletrônica, acompanhado de sua nova esposa, mudou-se para uma casa em Palo Alto que tinha um galpão, onde seu amigo Bill Hewlett logo se instalou. Na casa havia também uma garagem — um anexo que se mostraria útil e representativo no vale —, na qual eles trabalharam até conseguir produzir seu primeiro produto, um oscilador de áudio. Em 1950, a Hewlett-Packard tinha se tornado o ponto de referência para as inovações tecnológicas da região.[49]

Por sorte, havia espaço para empreendedores cujas garagens tinham ficado pequenas demais para suas necessidades. Fred Terman, um doutorando aluno de Vannevar Bush, do MIT, que se tornou decano da escola de engenharia da Universidade de Stanford, criou um parque industrial em 1953 em setecentos acres não utilizados da universidade, onde empresas de tecnologia podiam arrendar terrenos a preço baixo e construir novas instalações. Isso contribuiu para transformar a região. Hewlett e Packard tinham sido alunos de Terman, e ele os persuadira a ficar em Palo Alto quando fundaram sua empresa, em vez de mudar-se para o leste, como muitos dos graduados por Stanford estavam fazendo. Eles foram um dos primeiros locatários do Stanford Industrial Park. Na década de 1960, Terman, então reitor de Stanford, expandiu o parque industrial, estimulando seus ocupantes a terem uma relação simbiótica com a universidade; funcionários e executivos podiam estudar e ensinar em regime de meio período na universidade, e seus professores tinham carta branca para trabalhar como consultores de novos empreendimentos. O parque industrial de Stanford terminaria por estimular e fazer amadurecer centenas de empresas, da Varian a Facebook.

Quando Terman soube que Shockley estava querendo instalar seu empreendimento em Palo Alto, escreveu-lhe uma carta aliciadora, em que o informava sobre todos os incentivos que a proximidade de Stanford poderia oferecer. “Acho que se sua empresa se instalasse aqui, seria vantajoso para nós e para você”, concluiu ele. Shockley concordou. Enquanto sua sede em Palo Alto estava sendo construída, o Shockley Semiconductor Laboratory, uma divisão da Beckman Instruments, instalou-se temporariamente em um galpão Quonset que servira de depósito para damascos. O silício viera para o vale.

ROBERT NOYCE E GORDON MOORE

Shockley tentou contratar alguns dos pesquisadores com quem trabalhara nos Laboratórios Bell, mas eles o conheciam muito bem. Assim, ele se pôs a compilar uma lista dos melhores engenheiros de semicondutores do país e começou a convocá-los. O mais notável de todos, destinado a se tornar uma escolha memorável, foi Robert Noyce, um jovem brilhante e carismático de Iowa, com doutorado no MIT, que à época era um gerente de pesquisas de 28 anos na Philco da Filadélfia. Em janeiro de 1956, Noyce atendeu o telefone e ouviu as palavras: “Aqui é Shockley”. No mesmo instante ele soube de quem se tratava. “Foi como atender o telefone e falar com Deus”, declarou.[50] Mais tarde ele diria, brincando: “Quando ele se mudou para cá para instalar os Laboratórios Shockley, assobiou e eu vim”.[51]

Noyce, o terceiro de quatro filhos de um ministro da Igreja Congregacionista, cresceu numa série de cidadezinhas da área rural de Iowa — Burlington, Atlantic, Decorah, Webster City — para onde seu pai era enviado. Os avós de Noyce também eram ministros da Igreja, um movimento protestante não conformista que derivava da Reforma Puritana. Embora não tenha herdado sua fé religiosa, Noyce assumiu sua aversão à hierarquia, à autoridade centralizadora e à liderança autocrática.[52]

Robert Noyce (1927-90) na Fairchild, 1960.

Gordon Moore (1929-) na Intel, 1970.

Gordon Moore (na extrema esquerda), Robert Noyce (à frente, no centro) e os demais dos "oito traidores" que abandonaram Shockley em 1957 para criar a Fairchild Semiconductor.

Quando Noyce tinha doze anos, sua família afinal se instalou em Grinnell (com 5200 habitantes à época), cerca de trinta quilômetros a leste de Des Moines, onde seu pai conseguiu um emprego administrativo na Igreja. O que havia de mais importante na cidadezinha era o Grinnel College, fundado em 1846 por um grupo de congregacionistas da Nova Inglaterra. Noyce, com um sorriso contagiante e corpo esbelto e gracioso, desabrochou no ensino médio como um *scholar*, atleta e objeto de desejo. "O sorriso fácil e meio enviesado, as boas maneiras de uma família refinada, o cabelo ondulado que se projetava na sua fronte, a pitada de marotice constituíam uma combinação irresistível", escreveu sua biógrafa, Leslie Berlin. "Decerto ele era o homem fisicamente mais atraente que conheci", escreveu sua namorada do ensino médio.[53]

Anos depois, o jornalista e escritor Tom Wolfe traçou um breve perfil de Noyce para a *Esquire*, em que por pouco não o canonizou:

> Bob tinha um jeito especial de ouvir e de olhar. Ele abaixava a cabeça de leve e erguia o olhar, que parecia ter cem amperes. Quando olhava para a gente, nunca piscava nem engolia em seco. Absorvia tudo o que a gente dizia e então respondia muito sobriamente, num tom suave de barítono, e muitas vezes com um sorriso que mostrava seus dentes extraordinários. O olhar, a voz, o sorriso; tudo era como os da persona cinematográfica do mais famoso ex-aluno do

> Grinnell College, Gary Cooper. Com seu rosto enérgico, sua constituição física de atleta e seus modos de Gary Cooper, Bob Noyce projetava o que os psicólogos chamam de aura. As pessoas com aura parecem saber exatamente o que estão fazendo e, além disso, nos levam a querer admirá-las por isso. Elas fazem com que a gente veja um halo sobre sua cabeça.[54]

Quando criança, Noyce desfrutou de uma situação que naquela época era comum: "Meu pai sempre dava um jeito de ter uma oficina no porão". O jovem Noyce adorava fabricar coisas, entre elas uma válvula de rádio, um trenó com propulsor e um farol dianteiro para usar em seu trajeto de manhã cedinho para distribuir jornais. Mais repercussão teve a construção da asa-delta que voava quando amarrada a um carro que partia a grande velocidade ou quando se pulava com ela do telhado de um celeiro. "Cresci nos Estados Unidos das cidadezinhas, de modo que tínhamos de ser autossuficientes. Se alguma coisa quebrava, a gente mesmo tinha de consertar."[55]

Como seus irmãos, Noyce, quando estudante, era o primeiro da classe. Ele cortava a grama de Grant Gale, um professor muito querido que ensinava física no Grinnell College. Com a ajuda da mãe, que conhecia os Gale da igreja, ele obteve permissão, quando cursava o último ano do ensino médio, para assistir às aulas de Gale. Este se tornou seu mentor intelectual e continuou sendo no ano seguinte, quando Noyce entrou no Grinnell, sem ter ainda colado grau.

Lá ele procurou se especializar em matemática e física, destacando-se em todas as tarefas, acadêmicas e extracurriculares, com uma boa disposição que lhe custava pouco esforço. Fazia questão de deduzir todas as fórmulas nas aulas de física a partir das anotações, tornou-se campeão de mergulho da liga do Meio-Oeste na equipe de natação, tocava oboé na banda, cantava no coro e ajudava o professor de matemática a dar aula de cálculo de números complexos. E, o mais surpreendente, era muito querido.

Sua afabilidade trocista às vezes lhe causava problemas. Quando os colegas de seu dormitório resolveram fazer um luau de primavera em seu primeiro ano, Noyce e um amigo se prontificaram a procurar um porco para ser assado. Depois de alguns drinques, eles entraram sorrateiramente numa fazenda próxima e, combinando força e agilidade, roubaram um, de onze quilos. Depois de matar a facadas o animal, que guinchava o tempo todo, num banheiro no dormitório do pavimento superior, eles o assaram. O que se seguiu foi uma festa cheia de animação, aplausos, comes e bebes. A manhã seguinte trouxe uma ressaca moral. Acompanhado de seu amigo, Noyce procurou o fazendeiro, confessou o delito e se ofereceu para pagar pelo que tinham roubado. Num livro de histórias, eles teriam recebido a mesma aprovação que George Washington recebeu quando, aos seis anos, confessou ter cortado uma cerejeira do pai. Mas na belicosa fazenda de Iowa o furto que ele cometera não era

engraçado nem perdoável. A fazenda pertencia ao severo prefeito da cidade, que ameaçou processá-lo. Por fim, o professor Gale ajudou a fechar um acordo: Noyce pagaria pelo porco e seria suspenso por um semestre, mas não expulso. O jovem não se deixou perturbar por isso.[56]

Quando Noyce voltou à escola, em fevereiro de 1949, Gale lhe fez o que constituiu um favor ainda maior. O professor fora amigo de faculdade de John Bardeen e, quando leu sobre o transístor que Baarden coinventara nos Laboratórios Bell, escreveu-lhe e pediu uma amostra. Além disso, entrou em contato com o presidente dos Laboratórios Bell, que estudara no Grinnell e era pai de dois alunos que agora estudavam ali. Chegou-lhe então uma batelada de monografias técnicas, seguida de um transístor. "Grant Gale possuía um dos primeiros transístores de ponto de contato jamais fabricados", lembrou Noyce. "Isso aconteceu no meu primeiro ano lá. Acho que foi uma das coisas que me influenciaram a me envolver com transístores." Numa entrevista posterior, Noyce descreveu sua empolgação de forma mais vívida: "O conceito me atingiu como uma bomba atômica. Era simplesmente espantosa a ideia de que se podia conseguir amplificação sem uma válvula. Era uma dessas ideias que tira você dos trilhos e o faz pensar de forma diferente".[57]

Quando se graduou, Noyce recebeu o que, para alguém com seu estilo e charme, constituía a maior honra da faculdade, concedida pelo voto de seus colegas de turma: o prêmio Brown Derby, dado ao "quartanista que conquistou as melhores notas sem despender grande esforço". Mas quando chegou ao MIT para fazer o doutorado, percebeu que teria de se aplicar muito mais. Ele foi considerado fraco em física teórica e teve de fazer um curso de introdução a essa disciplina. No segundo ano, já superara a deficiência e ganhou uma bolsa de estudos. Sua dissertação investigava como o efeito fotoelétrico se manifestava na superfície dos isolantes. Embora não se tratasse de um triunfo de trabalho de laboratório ou de análise, o trabalho o familiarizou com a pesquisa de Shockley nesse campo.

Assim, quando foi chamado por Shockley, Noyce não hesitou em aceitar o convite. Mas ele ainda tinha de superar um grande obstáculo. Shockley, que não conseguira se destacar num teste de QI quando criança e estava começando a dar mostras da horrível paranoia que haveria de prejudicá-lo na fase final de sua carreira, insistia que seus novos contratados se submetessem a uma bateria de testes psicológicos e de inteligência. Então Noyce passou um dia inteiro numa empresa de Manhattan que aplicava testes, fazendo comentários sobre manchas de tinta, opinando sobre desenhos esquisitos e respondendo a testes de aptidão. Foi considerado introvertido e um potencial gerente não muito bom, o que revelava mais a deficiência dos testes do que as dele próprio.[58]

Outro grande contratado de Shockley, também considerado pela empresa de testes como pouco promissor como gerente, foi um químico de fala mansa chamado

Gordon Moore, que também recebeu um intempestivo telefonema de Shockley. Shockley estava reunindo cuidadosamente uma equipe de diferentes talentos científicos que podiam interagir e catalisar inovações. "Ele conhecia químicos que lhe tinham sido úteis nos Laboratórios Bell, por isso achou que precisava de um em seu novo empreendimento, pegou meu nome e me telefonou", contou Moore. "Por sorte, reconheci quem era. Peguei o telefone, e ele disse: 'Alô, aqui é Shockley'."[59]

Com seus modos retraídos e suas maneiras agradáveis que escondiam uma mente conduzida pela precisão, Gordon Moore se tornaria a mais reverenciada e amada personalidade do Vale do Silício. Ele crescera próximo a Palo Alto, em Redwood City, onde seu pai era subdelegado de polícia. Quando ele tinha onze anos, o menino da casa vizinha ganhou um kit de química. "Naquela época, havia coisas muito boas nesses brinquedos", recordou Moore, lamentando que, mais tarde, os regulamentos do governo e os temores dos pais tivessem pasteurizado tais kits, e provavelmente privado a nação de alguns bons cientistas. Ele conseguiu produzir uma pequena quantidade de nitroglicerina, que transformou em dinamite. "Uns poucos gramas de dinamite fazem uma bombinha absolutamente fantástica", contou ele todo animado numa entrevista, agitando os dez dedos da mão para mostrar que eles sobreviveram a tal desvario infantil.[60] Seu entusiasmo com o kit de química para crianças, disse ele, ajudou-o a encaminhá-lo para uma graduação em química em Berkeley e um doutorado no Caltech.

Até terminar o doutorado, Pasadena era o local mais a leste que Moore havia conhecido. Ele era um californiano legítimo, desenvolto e afável. Por um breve período depois se tornar ph.D., foi trabalhar num laboratório de física da Marinha em Maryland. Mas ele e sua amada esposa, Betty, também nascida no norte da Califórnia, sentiam-se ansiosos para voltar para sua terra, de modo que ela concordou em se mudar quando o marido recebeu a oferta de Shockley.

Na época da entrevista de emprego, Moore tinha 27 anos; era um ano mais novo que Noyce e já estava ficando visivelmente calvo. Shockley encheu-o de perguntas e enigmas, segurando um cronômetro para verificar o tempo das respostas. Moore se saiu tão bem que Shockley o levou para jantar na Rickeys Hyatt House, o ponto mais frequentado do lugar, e fez seu truque mágico de entortar uma colher sem parecer valer-se de força física.[61]

O punhado de engenheiros contratados por Shockley, quase todos com menos de trinta anos, acharam-no meio esquisito, mas brilhante. "Ele simplesmente apareceu um dia no meu laboratório no MIT, e eu pensei: Meu Deus, nunca conheci ninguém tão brilhante", observou o físico Jay Last. "Mudei todos os meus planos de carreira e disse para mim mesmo: quero ir para a Califórnia com esse homem." Entre os outros estava Jean Hoerni, um físico suíço, e Eugene Kleiner, que depois se tornou um grande empreendedor capitalista. Em abril de 1956, havia funcionários novos em número suficiente para que se realizasse uma festa de boas-vindas. Noyce foi de carro para a Filadélfia, correndo para chegar a tempo. Ele chegou às dez da noite, no

momento em que Shockley estava dançando tango sozinho, com uma rosa na boca. Um dos engenheiros descreveu a chegada de Noyce para Berlin, sua biógrafa:

> Ele não tinha se barbeado, parecia estar usando o mesmo terno fazia uma semana… e estava sedento. Havia uma enorme poncheira de martíni na mesa. Noyce pega a poncheira e começa a beber direto nela. Então ele a passa adiante. Eu disse comigo mesmo: "Isso vai ser muito divertido".[62]

SHOCKLEY EXTRAPOLA

Alguns líderes conseguem ser voluntariosos e exigentes e ao mesmo tempo inspirar lealdade. Eles valorizam a ousadia, de forma que se tornam carismáticos. Steve Jobs, por exemplo; seu manifesto pessoal, sob a forma de um anúncio de TV, começa assim: "Isto é para os malucos. Os desajustados. Os rebeldes. Os encrenqueiros. Os pinos redondos em buracos quadrados". Jeff Bezos, o fundador da Amazon, tem a mesma capacidade de inspirar. O truque é fazer com que as pessoas o sigam, mesmo para lugares que elas julgam não poder ir, motivando-as a partilhar seu senso de missão. Shockley não tinha essa capacidade. Com sua aura, era capaz de contratar funcionários brilhantes, mas, logo depois que eles começavam a trabalhar juntos, amargavam seu ferrenho gerenciamento, como aconteceu com Brattain e Bardeen.

Uma liderança profícua é aquela que sabe quando deve seguir em frente apesar dos céticos, e quando dar atenção às suas opiniões. Shockley tinha dificuldade de conseguir esse equilíbrio. Um problema surgiu quando ele imaginou um diodo de quatro camadas, que supunha poder ser mais rápido e mais versátil que um transístor de três camadas. De certa maneira, esse foi o primeiro passo para um circuito integrado, porque o novo aparelho iria realizar tarefas que exigiriam quatro ou cinco transístores numa placa de circuito. Mas era difícil de fabricar (o silício fino como papel tinha de ser revestido de forma diferente dos dois lados), e a maioria dos que foram produzidos se revelou inútil. Noyce tentou fazer Shockley desistir do diodo, mas em vão.

Muitos inovadores foram igualmente obstinados em implementar uma nova ideia, porém Shockley passou dos limites, deixando de ser visionário e tornando-se um tanto alucinado, o que fez dele um exemplo de má liderança. Em sua pesquisa do diodo de quatro camadas, mostrava-se reservado, rígido, autoritário e paranoico. Formava equipes particulares e recusava-se a partilhar informações com Noyce, Moore e outros. "Ele não conseguia suportar o fato de que tinha tomado uma decisão errada, de modo que começou a acusar todos à sua volta", lembrou Jay Last, um engenheiro que se opôs a ele. "Ele era muito desaforado. Deixei de ser seu garoto

favorito para me tornar uma das causas de todos os seus problemas."[63]

Sua paranoia, que já se disseminava nos estratos de sua personalidade, ficava evidente em incidentes tumultuosos. Por exemplo, quando uma secretária da empresa cortou o dedo ao abrir uma porta, Shockley se convenceu de que se tratava de um esquema de sabotagem. Ele ordenou que todos os funcionários se submetessem a um detector de mentiras. A maioria se recusou, e Shockley teve de recuar. Mais tarde, descobriu-se que o corte fora causado pelo fragmento de uma tachinha usada para pregar um aviso na porta. "Acho que o termo 'tirano' não o define bem", disse Moore. "Shockley era uma pessoa complexa. Era muito competitivo e competia até com as pessoas que trabalhavam para ele. Meu diagnóstico de leigo é que ele era também paranoico."[64]

Pior ainda, a paixão de Shockley pelo diodo de quatro camadas não deu em nada. Às vezes a diferença entre gênios e simplórios depende do fato de suas ideias demostrarem ser corretas ou não. Se o diodo de Shockley tivesse se revelado prático, ou se tivesse evoluído para um circuito integrado, talvez ele voltasse a ser considerado um visionário. Mas não foi o que aconteceu.

A situação piorou ainda mais quando Shockley, junto com seus ex-colegas Bardeen e Brattain, ganhou o prêmio Nobel. Ao receber o telefonema na manhã de 1º de novembro de 1956, sua primeira reação foi achar que se tratava de um trote de Dia das Bruxas. Mais tarde, ele ficaria seriamente desconfiado de que algumas pessoas haviam tentado lhe negar o prêmio, e escreveria para o comitê do Nobel querendo saber quem teria votado contra ele, pedido que lhe foi negado. Mas naquele dia, pelo menos, houve um relaxamento da tensão e uma oportunidade de comemorar. Um almoço regado a champanhe teve lugar no Rickeys.

Shockley ainda estava de relações cortadas com Bardeen e Brattain, mas o clima foi cordial quando eles se reuniram com suas famílias em Estocolmo para a cerimônia de entrega do prêmio. O diretor do comitê do Nobel usou seu discurso para ressaltar a combinação de gênio individual e trabalho em equipe que resultara na invenção do transístor. Ele a qualificou de "supremo esforço de presciência, engenho e perseverança, desenvolvido individualmente e em equipe". Mais tarde, naquela noite, Bardeen e Brattain estavam bebericando no bar do Grand Hotel quando, pouco depois da meia-noite, Shockley entrou. Eles mal tinham falado com ele nos últimos seis anos, mas deixaram suas diferenças de lado e o convidaram para sentar-se à sua mesa.

Quando voltou de Estocolmo, Shockley estava envaidecido, porém suas inseguranças não tinham diminuído. Num discurso dirigido aos seus colaboradores, afirmou que "já era tempo" de suas contribuições serem reconhecidas. Last observou que o clima na empresa se "deteriorava com rapidez", até que ela começou a parecer "uma grande instituição psiquiátrica". Noyce falou a Shockley do "sentimento geral de

indignação" que estava se acumulando, mas sua advertência não teve o menor efeito.[65]

A resistência de Shockley em partilhar crédito tornava difícil criar um clima de colaboração. Quando alguns de seus funcionários escreveram artigos para serem apresentados na Sociedade Americana de Física em dezembro de 1956, um mês depois que Shockley recebera o prêmio Nobel, ele exigiu que seu nome fosse incluído neles como coautor. O mesmo acontecia com a maioria dos requerimentos de patente procedentes de sua empresa. Não obstante, ele insistia, de forma um tanto contraditória, que na verdade só havia um verdadeiro inventor de qualquer aparelho, porque "só uma lâmpada se acende na cabeça de alguém". Quaisquer outros envolvidos no processo seriam meros "assistentes".[66] Sua experiência pessoal com a equipe que inventara o transístor deveria tê-lo dissuadido dessa ideia.

O ego de Shockley fazia com que ele entrasse em choque não apenas com seus subordinados, mas também com seu chefe oficial e proprietário da empresa, Arnold Beckman. Quando este argumentou que havia necessidade de uma reunião para discutir o controle dos custos, Shockley surpreendeu a todos declarando, diante de todo o staff superior: "Arnold, se você não está satisfeito com o que estamos fazendo aqui, posso pegar esse grupo e buscar ajuda em outro lugar". E saiu intempestivamente da sala, deixando o proprietário humilhado diante da equipe.

Assim, Beckman se mostrou receptivo quando, em maio de 1957, foi procurado por Gordon Moore, que fora encarregado, pelos colegas insatisfeitos, de lhe apresentar suas queixas. "As coisas não estão indo muito bem, não é?", perguntou Beckman.

"Não, na verdade, não", respondeu Moore, que lhe garantiu que todo o alto escalão da equipe continuaria na empresa caso Shockley saísse.[67] O contrário também era verdade, advertiu Moore; se Shockley não fosse substituído por um gerente competente, o alto escalão abandonaria a empresa.

Pouco tempo antes, Moore e seus colegas tinham assistido ao filme *A nave da revolta*, e começaram a conspirar contra o capitão Queeg deles.[68] Ao longo das semanas seguintes, numa série de reuniões secretas e jantares com Beckman e sete membros insatisfeitos do alto escalão liderados por Moore, fechou-se um acordo para atribuir a Shockley o papel de consultor sênior, sem funções gerenciais. Beckman convidou Shockley para jantar e o informou da mudança.

A princípio, Shockley concordou. Ele permitiria que Noyce gerenciasse o laboratório, enquanto se limitaria a oferecer ideias e aconselhamento estratégico. Mas a seguir ele mudou de ideia. Não estava na natureza de Shockley renunciar ao comando. Além disso, ele tinha dúvidas quanto à capacidade executiva de Noyce. Ele disse a Beckman que Noyce não seria um "líder agressivo" ou resoluto o bastante, e tinha certa razão nessa crítica. Shockley podia ser por demais arrebatado e decidido, mas Noyce, que tinha uma natureza afável e conciliadora, poderia se beneficiar de certa dose de dureza. Um desafio crucial para gerentes é como chegar a um equilíbrio

entre ser firme e ter uma autoridade natural entre os colegas, e nem Shockley nem Noyce apresentavam esse equilíbrio na medida certa.

Quando obrigado a escolher entre Shockley e a equipe, Beckman se acovardou. "Com um dos meus impulsos de lealdade equivocados, senti que tinha uma dívida de gratidão com Shockley e devia lhe dar uma chance para mostrar seu valor", explicou mais tarde. "Se soubesse o que sei agora, teria afastado Shockley."[69] Beckman surpreendeu Moore e seus companheiros com sua decisão. "Em síntese, ele nos disse o seguinte: 'Shockley é o chefe, é pegar ou largar'", lembrou Moore. "Nós percebemos que um grupo de jovens com pós-graduação não tinha força para afastar com tanta facilidade um recém-ganhador do prêmio Nobel." Tornou-se inevitável uma revolta. "Estávamos simplesmente acuados e concluímos então que tínhamos de ir embora", disse Last.[70]

Deixar uma empresa estabelecida e fundar uma concorrente era muito incomum naquela época, de modo que exigia certa coragem. "A cultura do negócio que existia no país era que alguém vai trabalhar em uma firma, permanece nessa firma e se aposenta nela", observou Regis McKenna, que se especializou em marketing de empresas de tecnologia. "Tais eram os valores da tradicional Costa Oeste — e mesmo do Meio-Oeste." Agora não é mais assim, claro, e os que se rebelaram contra Shockley contribuíram para a mudança cultural. "Hoje parece fácil, porque temos uma tradição — em grande medida iniciada por aqueles caras — que é aceita nesta cidade", disse Michael Malone, historiador do Vale do Silício. "É melhor sair e fundar sua própria empresa e fracassar do que se manter em uma empresa por trinta anos. Mas as coisas não funcionavam desse modo na década de 1950. Devia ser algo muito assustador."[71]

Moore arregimentou o contingente rebelde. A princípio, eles eram sete — Noyce ainda não tinha aderido —, e decidiram fundar sua própria empresa. Mas isso requeria financiamento. Então um deles, Eugene Kleiner, escreveu uma carta a seu pai, que era corretor da Hayden, Stone & Co., respeitável firma de corretagem de Wall Street. Depois de apresentar as credenciais do grupo, ele declarou: "Acreditamos poder ter uma empresa no ramo de semicondutores dentro de três meses". A carta foi parar na mesa de Arthur Rock, um analista de trinta anos que tivera sucesso em investimentos de risco desde a época em que estudara na escola de administração de Harvard. Rock convenceu seu patrão, Bud Coyle, de que valia a pena fazer uma viagem para avaliação.[72]

Quando Rock e Coyle reuniram-se com os sete no Clift Hotel, em San Francisco, eles acharam que faltava alguma coisa: um líder. Então, instaram os rebeldes a convencer Noyce a aderir, visto que este resistia por causa de seu sentimento de estar comprometido com Shockley. Moore terminou por persuadi-lo a participar da reunião seguinte. "Logo que bati os olhos em Noyce, fiquei impressionado com seu carisma e tive certeza de que ele era o líder natural do grupo. Eles o respeitavam", contou Rock.[73] Na reunião, todos os membros da equipe,

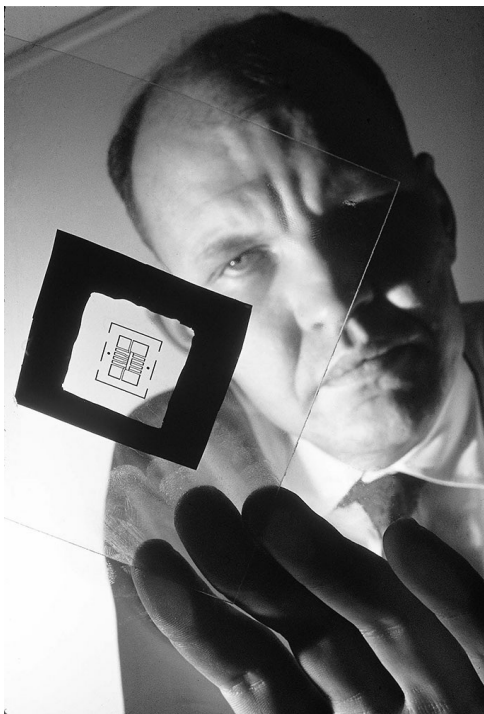
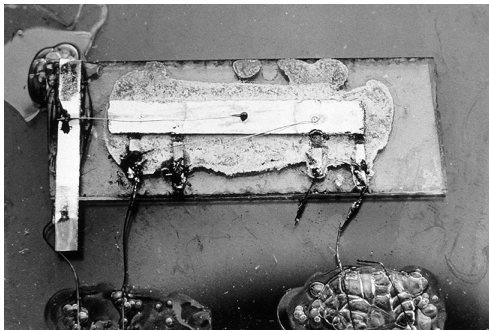
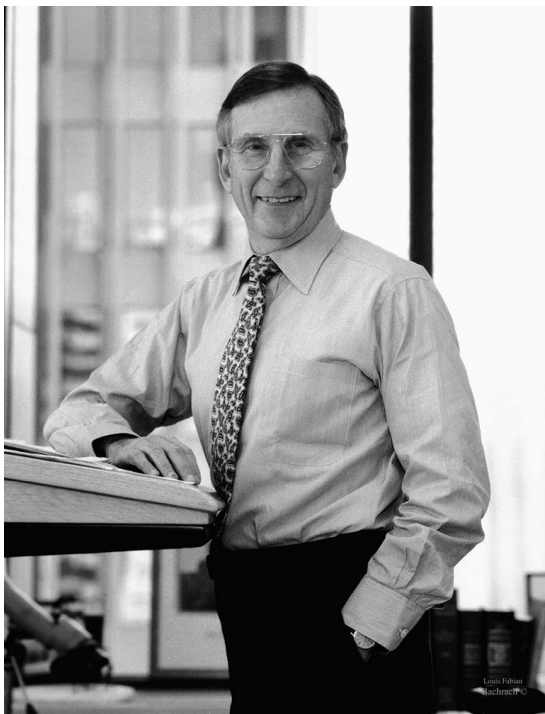
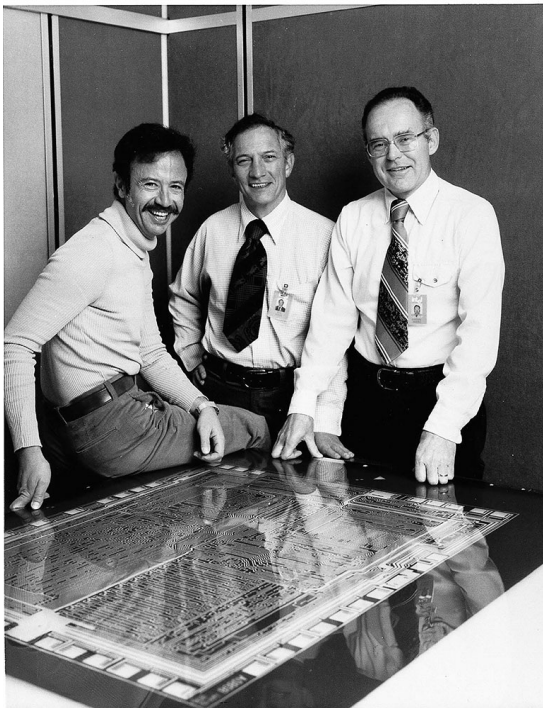
inclusive Noyce, concordaram em se demitir juntos para criar uma nova empresa. Coyle sacou algumas notas de dólar novinhas em folha, as quais o grupo assinou como um contrato simbólico entre os presentes.

Era difícil conseguir dinheiro, sobretudo de corporações bem estabelecidas, para fundar uma nova firma completamente independente. A ideia de fornecer fundos para a criação de empresas ainda não estava bem enraizada; essa importante inovação teria que esperar, como veremos, até a ocasião seguinte em que Noyce e Moore se lançaram em um novo empreendimento. Então eles procuraram uma companhia que os financiasse, permitindo-lhes fundar uma divisão semiautônoma, da mesma forma que Beckman fizera com Shockley. Nos dias que se seguiram, a trama vazou no *Wall Street Journal*, que publicou uma lista de 35 empresas que talvez se dispusessem a financiá-los. Rock começou a dar telefonemas quando voltou a Nova York, mas em vão. "Nenhuma delas estava disposta a se comprometer com uma divisão de uma companhia separada", lembrou. "Elas sentiam que seus próprios funcionários teriam problemas com isso. Passamos uns meses nessa busca, e quando estávamos prestes a desistir, alguém sugeriu que eu procurasse Sherman Fairchild."[74]

Foi um belo encontro. Fairchild, proprietário da Fairchild Camera and Instrument, era inventor, playboy, empreendedor e o acionista individual majoritário da IBM, de que seu pai fora cofundador. Grande diletante, logo ao sair de Harvard inventara a primeira câmera fotográfica com flash sincronizado. Ele prosseguiu desenvolvendo a fotografia aérea, câmeras de radar, aeronaves especializadas, métodos para iluminar quadras de tênis, gravadores de alta velocidade, linotipos para imprimir jornais, máquinas para impressão em cores e um palito de fósforo que não se apagava com o vento. No percurso, dobrou o patrimônio que herdara, e se deleitava em gastar enquanto o acumulava. Frequentava o Clube 21 e o *nightclub* El Morocco, usando (segundo a revista *Fortune*) "a cada poucos dias uma nova beldade como uma nova flor na lapela", e projetou para si mesmo uma casa futurista no alto do East Side de Manhattan, com paredes de vidros e um jardim no vestíbulo com pedras verdes revestidas de cerâmica.[75]

Fairchild prontamente disponibilizou 1,5 milhão de dólares para a criação da nova empresa — cerca do dobro do que os oito fundadores julgavam necessário —, em troca do direito preferencial de compra. Se a empresa fosse bem-sucedida, ele a compraria inteira por 3 milhões.

Apelidados de "os oito traidores", Noyce e seu grupo estabeleceram a empresa não muito longe de Shockley, nas cercanias de Palo Alto. O Shockley Semiconductor Laboratory nunca se recuperou. Seis anos depois, Shockley desistiu e foi dar aulas na Universidade de Stanford. Sua paranoia se intensificou, e ele ficou obcecado com a ideia de que os negros eram geneticamente inferiores em termos de QI e que deviam ser dissuadidos de ter filhos. O gênio que idealizou o transístor e que trouxe as pessoas para a terra prometida do Vale do Silício tornou-se um pária que não podia dar uma conferência sem ter de enfrentar contínuas contestações.

Os oito traidores que fundaram a Fairchild Semiconductor, ao contrário, viriam a ser as pessoas certas no lugar certo na época certa. A demanda por transístores estava crescendo por causa dos rádios de bolso que Pat Haggerty tinha lançado pela Texas Instruments, e foi subindo vertiginosamente como um foguete; em 4 de outubro de 1957, apenas três dias depois da criação da Fairchild Instruments, os russos lançaram o satélite *Sputnik* e deram início à corrida espacial com os Estados Unidos. O programa espacial civil, junto com o programa militar para fabricar mísseis balísticos, impulsionou a demanda de computadores e de transístores. Ele ajudou também a garantir que o desenvolvimento dessas duas tecnologias se desse de forma conjugada. Como os computadores tinham de ser pequenos o bastante para caber no cone do nariz do foguete, era absolutamente necessário encontrar maneiras de encaixar centenas, depois centenas de milhares de transístores em aparelhos minúsculos.

Jack Kilby (1923-2005) na Texas Instruments, 1965.

O microchip de Kilby.

Arthur Rock (1926-), 1997.

Andy Grove (1936-) com Noyce e Moore na Intel, 1978.

* Por exemplo, os engenheiros e teóricos descobriram que o silício (que tem quatro elétrons em sua órbita mais externa) que era acrescido de fósforo ou arsênio (que têm cinco elétrons em suas órbitas mais externas) tinha elétrons extras e, portanto, carga negativa. O resultado foi chamado de semicondutor tipo N. O silício que era acrescido de boro (com três elétrons em sua órbita mais externa) ficava com um déficit de elétrons — havia "buracos" onde alguns deles normalmente estariam — e, portanto, tinha carga positiva, tornando-se conhecido como semicondutor tipo P.
** Seu filho Fred Terman mais tarde se tornou o famoso reitor de Stanford.
*** Um curto vídeo de Shannon e suas máquinas de malabares pode ser visto em <www2.bc.edu/~lewbel/shortsha.mov.>.

5. O microchip

Num artigo escrito para comemorar o décimo aniversário do transístor, publicado em 1957, na mesma época em que a Fairchild foi fundada e o *Sputnik* lançado, um executivo dos Laboratórios Bell identificou um problema, que chamou de "tirania dos números". À medida que o número de componentes de um circuito crescia, o número de conexões crescia ainda mais. Se um sistema tinha, por exemplo, 10 mil componentes, ele exigiria 100 mil ou mais conexões de fios nas placas de circuito, na maioria das vezes soldados à mão. Isso não contribuía em nada para sua confiabilidade.

Mas, paradoxalmente, essa dificuldade era parte de uma receita de inovação. A necessidade de resolver esse problema crescente coincidiu com centenas de pequenos avanços no modo de fabricação de semicondutores. Essa combinação resultou numa invenção que aconteceu de forma independente em dois lugares diferentes, a Texas Instruments e a Fairchild Semiconductor. O resultado foi um circuito integrado, também conhecido como microchip.

JACK KILBY

Jack Kilby era mais um daqueles rapazes criados no Meio-Oeste rural que brincava na oficina com o pai e fabricava aparelhos de radioamadorismo.[1] "Cresci entre os esforçados e engenhosos descendentes dos pioneiros do oeste das Grandes Planícies americanas", declarou ele ao ganhar o prêmio Nobel.[2] Ele foi criado em Great Bend, na região central do Kansas, onde seu pai estava à frente de uma empresa de ferramentas local. No verão, no Buick da família, eles iam a distantes e grandiosas usinas de geração de energia e, quando havia algum problema, embrenhavam-se juntos na usina tentando descobrir sua causa. Durante uma grande nevasca, eles recorreram ao radioamadorismo para fazer contato com clientes de localidades onde o serviço telefônico tinha sido interrompido, e o jovem Kilby ficou fascinado com a importância dessas tecnologias. "Foi durante uma tempestade de granizo, quando eu era adolescente", contou ele a T. R. Reid, do *Washington Post*, "que percebi pela primeira vez como o rádio e, por extensão, a eletrônica poderiam ter um verdadeiro impacto na vida das pessoas, mantendo-as informadas e em contato, dando-lhes esperança."[3] Ele teve a ideia de obter uma licença de radioamador e se pôs a aperfeiçoar seu rádio usando peças que roubava.

Não tendo sido aceito pelo MIT, Kilby foi para a Universidade de Illinois e, depois de Pearl Harbor, interrompeu seus estudos para entrar na Marinha. Destacado para trabalhar numa oficina de reparos de rádio na Índia, ele fazia incursões a Calcutá a fim de comprar peças no mercado negro, que usava para fabricar receptores e transmissores melhores num laboratório instalado numa barraquinha de campanha. Kilby era uma pessoa gentil, com um largo sorriso, modos despreocupados e reservados. O que o tornava uma pessoa especial era sua insaciável curiosidade por invenções. Ele começou a ler todas as novas patentes publicadas. "A gente lê tudo", disse ele, "é parte do trabalho. Acumulamos todas essas ninharias, na esperança de que algum dia um milionésimo delas possa ser de alguma utilidade."[4]

Seu primeiro emprego foi no Centralab, firma de Milwaukee que fabricava peças eletrônicas. A empresa fazia experiências combinando os componentes usados para fazer aparelhos auditivos numa única base de cerâmica, um grosseiro precursor da ideia do microchip. Em 1952, o Centralab foi uma das empresas que pagaram 25 mil dólares por uma licença para produzir transístores e beneficiou-se da disposição dos Laboratórios Bell de partilhar seu conhecimento. Kilby assistiu a um seminário de duas semanas da instituição — hospedando-se com dezenas de outros num hotel de Manhattan e sendo levado num ônibus, toda manhã, para Murray Hill —, que incluiu estudos aprofundados de design de transístores, experiências práticas em laboratórios e visitas a uma fábrica. O centro de pesquisas enviou a todos os participantes três volumes de documentos técnicos. Com sua extraordinária disposição para vender suas patentes a preço baixo e partilhar seu conhecimento, os Laboratórios Bell lançaram as bases da Revolução Digital, embora não a tenham capitalizado plenamente.

Para ficar na linha de frente do desenvolvimento do transístor, Kilby percebeu

que precisava trabalhar numa empresa maior. Avaliando várias ofertas de emprego, ele resolveu, no verão de 1958, ingressar na Texas Instruments, onde iria trabalhar com Pat Haggerty e sua brilhante equipe de pesquisa de transístor, liderada por Willis Adcock.

A política na Texas Instruments determinava que todos tirassem férias nas mesmas duas semanas em julho. Assim, quando Kilby chegou a Dallas, sem direito a férias, ele era uma das pouquíssimas pessoas no laboratório de semicondutores. Isso lhe deu tempo para pensar sobre o que podia ser feito com silício, além de usá-lo na fabricação de transístores.

Kilby sabia que, se se produzisse um pouco de silício sem nenhuma impureza, ele funcionaria como um simples resistor. Havia também um modo, imaginou ele, de fazer uma junção P-N, numa peça de silício, funcionar como um capacitor, o que significava que teria capacidade de armazenar uma pequena carga elétrica. Com efeito, seria possível fabricar qualquer componente eletrônico a partir de silício tratado de maneiras diferentes. Daí lhe surgiu a ideia do que seria conhecido como a "ideia monolítica": seria possível fazer todos esses componentes numa peça monolítica de silício, eliminando, assim, a necessidade de soldar diferentes componentes numa placa de circuito. Em julho de 1958, seis meses antes de Noyce anotar uma ideia semelhante, Kilby a expôs em seu caderno de anotações de laboratório numa frase que, mais tarde, seria citada na justificativa para conceder-lhe o prêmio Nobel: "Os seguintes elementos do circuito poderiam ser feitos numa única unidade: resistores, capacitor, capacitor distribuído, transístor". A seguir ele desenhou uns esboços grosseiros de como construir esses componentes configurando seções de silício a que se acrescentavam impurezas para terem diferentes propriedades numa única placa.

Quando seu chefe, Willis Adcock, voltou das férias, não ficou de todo persuadido de que aquilo teria aplicação prática. Havia outras coisas que o laboratório precisava fazer e que pareciam mais urgentes. Mas ele fez uma proposta ao novo funcionário: se Kilby conseguisse fabricar um capacitor e um resistor que funcionassem, Adcock autorizaria um investimento no sentido de fazer um circuito completo num só chip.

Tudo aconteceu como planejado, e em setembro de 1958 Kilby preparou uma demonstração que foi tão impactante quanto a que Bardeen e Brattain haviam feito para seus superiores nos Laboratórios Bell onze anos antes. Num chip de silício do tamanho de um palito de dente pequeno, Kilby juntou os componentes que, em teoria, fariam um oscilador. Sob o olhar de um grupo de executivos, entre os quais o diretor da empresa, um Kilby nervoso conectou o minúsculo chip a um osciloscópio. Ele olhou para Adcock, que deu de ombros, como a dizer: "Não vai dar em nada". Quando ele apertou o botão, a linha na tela do osciloscópio mostrou ondas, exatamente como previsto. "Todos se puseram a sorrir", contou Reid. "Começava uma nova era na eletrônica."[5]

Não era um dispositivo dos mais elegantes. Nos modelos que Kilby fabricou

no outono de 1958, havia muitos fios de ouro minúsculos conectando alguns dos componentes dentro do chip. O aparato parecia uma cara teia de aranha apontando de uma minúscula vareta de silício. Ele não era apenas feio; também era pouco prático. Não era possível fabricá-lo em grandes quantidades. Não obstante, foi o primeiro microchip.

Em março de 1959, poucas semanas depois de requerer uma patente, a Texas Instruments anunciou sua nova invenção, a que chamou de "circuito sólido". A empresa também pôs em exposição alguns protótipos, com muito estardalhaço, na conferência anual do Institute of Radio Engineers, em Nova York. O presidente da companhia declarou que o invento seria o mais importante desde a criação do transístor. Parecia uma hipérbole, mas na verdade a declaração não dava toda a medida da importância da invenção.

O anúncio da Texas Instruments soou como um trovão para a Fairchild. Noyce, que esboçara sua própria versão do conceito dois meses antes, ficou desapontado por ter sido ultrapassado e temeroso da vantagem competitiva que a invenção daria à Texas Instruments.

A VERSÃO DE NOYCE

Existem muitas vezes diferentes caminhos para a mesma inovação. Noyce e seus colegas da Fairchild tinham explorado a possibilidade de um microchip por outra via. Isso se iniciou quando eles depararam com um problema muito complicado: seus transístores não estavam funcionando bem. Muitos falhavam. Um minúsculo grão de poeira ou mesmo a exposição a determinados gases os fazia emperrar. O mesmo podia resultar de um sacolejo ou batida.

Jean Hoerni, físico da Fairchild e um dos oito traidores, concebeu uma solução engenhosa. Na superfície de um transístor de silício, ele aplicaria uma fina camada de óxido de silício, como a cobertura de um bolo, que protegeria o silício sob ela. "A aplicação de uma camada de óxido sobre a superfície do transístor", escreveu ele em seu caderno de anotações, "protegerá as junções, de outro modo expostas à contaminação."[6]

O método foi chamado de "processo planar" por causa da camada plana de óxido que se punha sobre o silício. Em janeiro de 1959 (depois que Kilby teve suas ideias, mas antes que elas fossem patenteadas ou divulgadas), Hoerni teve outra "epifania", quando estava tomando banho certa manhã: minúsculas janelas poderiam ser abertas nessa camada protetora de óxido para permitir que as impurezas se difundissem em pontos precisos para criar as desejadas propriedades de semicondutor. Noyce gostou muito da ideia de "fazer um transístor dentro de um casulo" e comparou-o a uma "sala de cirurgia na selva — você põe o paciente dentro de um saco plástico e o opera dentro dele, evitando assim que um monte de moscas

pouse no ferimento”.[7]

O papel dos advogados especializados em patentes é proteger boas ideias, mas às vezes eles também as estimulam. O processo planar tornou-se um exemplo disso. Noyce chamou John Ralls, o advogado de patentes da Fairchild, para redigir um requerimento. Então Ralls começou a crivar Hoerni, Noyce e seus colaboradores de perguntas. Que coisas práticas poderiam resultar desse processo planar? Ralls os estava sondando a fim de conseguir o mais amplo leque de usos possíveis para incluir no requerimento da patente. “O desafio de Ralls era: ‘Que mais podemos fazer com essas ideias em termos de proteção por meio da patente?’”, lembrou Noyce.[8]

À época, a ideia de Hoerni era apenas fabricar um transístor confiável. Ainda não lhes tinha ocorrido que o processo planar, com suas minúsculas janelas, podia ser usado para permitir a fabricação de muitos tipos de transístores e outros componentes a serem encaixados numa simples peça de silício. Mas as insistentes perguntas de Ralls fizeram com que Noyce refletisse, e ele passou muito tempo daquele mês de janeiro discutindo ideias com Moore, rabiscando-as num quadro-negro e registrando-as em seu caderno de anotações.

A primeira percepção de Noyce foi que o processo planar poderia eliminar os minúsculos fios que apontavam de cada camada do transístor. No lugar deles, minúsculos fios de cobre poderiam ser pregados no alto da camada de óxido. Com isso, a fabricação de transístores ganharia em rapidez e confiabilidade. Isso levou Noyce ao seu insight seguinte: se fossem usados fios de cobre impressos para conectar as áreas de um transístor, seria possível também conectar dois ou mais transístores instalados na mesma peça de silício. O processo planar, com sua técnica de janelas, permitiria difundir impurezas, de forma que múltiplos transístores pudessem ser colocados num mesmo chip de silício, e os fios de cobre impressos poderiam conectá-los num circuito. Ele foi ao escritório de Moore e expôs sua ideia, valendo-se do quadro-negro.

Enquanto Noyce era energético e tagarela, Moore era taciturno, embora fosse uma boa caixa de ressonância para insights, e os dois interagiam muito bem. O salto seguinte foi fácil: o mesmo chip podia também conter vários componentes, como resistores e capacitores. Noyce rabiscou no quadro-negro de Moore para mostrar que uma partícula de silício podia funcionar como resistor, e poucos dias depois ele fez um esboço do modo de fabricação de um capacitor de silício. Os pequenos fios de metal impressos na superfície de óxido podiam integrar todos esses componentes num circuito. “Não me lembro de nenhuma ocasião em que uma lâmpada se apagou e a coisa toda surgiu”, admitiu Noyce. “Foi mais como se, todos os dias, a gente pudesse dizer: ‘Bem, se eu puder fazer isso, então poderei fazer aquilo, o que me permitiria fazer mais aquilo’, e enfim lá estava uma ideia nova.”[9] Depois dessa atividade febril, ele fez um registro em seu caderno de anotações, em janeiro de 1959: “Seria desejável fabricar múltiplos dispositivos numa única placa de silício”.[10]

Noyce concebera a ideia de um microchip independentemente (e poucos

meses depois) de Kilby, e eles chegaram a isso por caminhos diferentes. Kilby estava tentando resolver o problema de como superar a tirania dos números criando circuitos com muitos componentes que não precisassem ser soldados uns aos outros. Noyce estava preocupado sobretudo em imaginar todas as aplicações que poderiam advir do processo planar de Hoerni. Havia outra diferença mais prática: a versão de Noyce não tinha um emaranhado de fios apontando do dispositivo.

PROTEGENDO AS INVENÇÕES

As patentes constituem uma inevitável fonte de tensão na história das invenções, sobretudo na era digital. As inovações tendem a ocorrer por meio da colaboração e com base no trabalho de outros, por isso é difícil atribuir com precisão a propriedade de ideias ou direitos intelectuais de propriedade. Vez por outra isso se torna gloriosamente irrelevante, quando um grupo de inovadores concorda em se empenhar num processo aberto que permite que os frutos de sua criatividade fiquem em domínio público. Com mais frequência, porém, o inovador deseja crédito. Há casos em que isso se dá por egolatria, como na ocasião em que Shockley manobrou para ser incluído como coinventor na patente do transístor. Em outras situações, isso se deve a motivos financeiros, em especial quando a invenção envolve empresas como Fairchild e Texas Instruments, que precisam recompensar os investidores a fim de garantir o capital necessário para continuar a produzir inventos.

Em janeiro de 1959, os advogados e executivos da Texas Instruments começaram uma corrida para requerer uma patente para a ideia de Kilby de um circuito integrado — não porque soubessem o que Noyce estava esboçando em seu caderno de anotações, mas por causa de boatos de que a RCA tinha tido a mesma ideia. Eles resolveram fazer um requerimento bem abrangente. Essa estratégia implicava um risco, porque as reivindicações facilmente se tornariam alvo de disputa, como aconteceu com as reivindicações amplas de Mauchly e Eckert para sua patente de computador. Mas se a solicitação fosse aceita, serviria como uma defesa contra quem quer que tentasse produzir um produto similar. A invenção de Kilby, declarava o requerimento da patente, constituía "um novo e totalmente diferente conceito de miniaturização". Embora o descrevesse apenas como circuitos que Kilby tinha concebido, o requerimento declarava: "Não há limite para a complexidade ou configuração dos circuitos que podem ser fabricados dessa maneira".

Na pressa, porém, não havia tempo para produzir imagens dos vários métodos que funcionariam para integrar os componentes no microchip proposto. O único exemplo disponível era o modelo emaranhado usado com uma confusão de minúsculos fios de ouro que o atravessavam. A equipe da Texas Instruments resolveu usar essa "foto de fios voadores", como foi chamada zombeteiramente mais tarde, como uma pintura. Kilby já tinha imaginado que poderia haver uma versão mais

simples usando conexões de metal impressas, de modo que na última hora ele recomendou aos seus advogados que acrescentassem ao requerimento a reivindicação do desenvolvimento desse conceito também. “Em vez de usar os fios de ouro para fazer conexões elétricas”, informava a solicitação,

> elas podem ser feitas de outras maneiras. Por exemplo [...] óxido de silício pode ser evaporado na estrutura do circuito semicondutor [...]. Assim, é possível deixar de fora metais como o ouro no material isolante para se fazerem as necessárias conexões elétricas.

A patente foi protocolada em fevereiro de 1959.[11]

Quando a Texas Instruments tornou a solicitação pública no mês seguinte, Noyce e sua equipe da Fairchild apressaram-se em elaborar um requerimento de patente que concorresse com o dela. Como estavam procurando uma defesa contra a reivindicação abrangente da Texas Instruments, os advogados da Fairchild concentraram-se sobretudo no que era específico na versão de Noyce. Eles enfatizaram que o processo planar, para o qual a Fairchild já requerera uma patente, permitia um método de circuito impresso “para fazer conexões elétricas para as várias áreas do semicondutor” e “fazer estruturas de circuito unitárias mais compactas e mais fáceis de fabricar”. Diferentemente dos circuitos nos quais “a conexão elétrica tinha de ser feita com o uso de fios de amarração”, declarava o requerimento da Fairchild, o método de Noyce implicava que “os cabos condutores podem ser depositados ao mesmo tempo e da mesma maneira que os próprios contatos”. Ainda que a Texas Instruments conseguisse uma patente pelo fato de colocar múltiplos componentes num único chip, a Fairchild esperava conseguir uma patente por fazer as conexões por meio de linhas de metal em vez de por fios. Como o procedimento seria necessário para a fabricação de microchips em larga escala, a Fairchild sabia que ele daria alguma paridade na proteção dada pela patente e obrigaria a Texas Instruments a entrar num acordo para partilhar o licenciamento. O requerimento da Fairchild foi protocolado em julho de 1959.[12]

Como aconteceu com a disputa relativa à patente do computador, o sistema legal levou anos lidando com a questão de quem merecia as patentes referentes ao circuito integrado, e nunca conseguiu resolvê-la por completo. Os requerimentos concorrentes da Texas Instruments e da Fairchild foram confiados a dois analistas diferentes, que pareciam ignorar a existência um do outro. Embora protocolado em segundo lugar, o requerimento da patente de Noyce foi regulamentado primeiro; em abril de 1961, ele foi aceito. Noyce foi declarado o inventor do microchip.

Os advogados da Texas Instruments entraram com um “pedido de reconhecimento de prioridade”, afirmando que Kilby tivera a ideia primeiro. Isso levou à causa *Kilby versus Noyce*, julgada pelo Departamento de Patentes Conflitantes.

Parte do caso exigia o exame dos respectivos cadernos de anotações e outros testemunhos para verificar quem tivera a ideia geral em primeiro lugar; houve um acordo, endossado inclusive por Noyce, de que as ideias de Kilby haviam surgido alguns meses antes. Mas existia também uma disputa sobre se o requerimento de Kilby de fato cobria o processo tecnológico crucial de imprimir linhas de metal sobre uma camada de óxido, em vez de usar pequenos fios, para fazer um microchip. Isso implicava muitos argumentos conflitantes sobre a frase que Kilby inserira no fim do requerimento, de que "é possível deixar de fora metais como o ouro" na camada de óxido. Tratava-se de um processo específico que ele descobrira ou mera especulação acrescentada meio ao acaso?[13]

Enquanto a disputa se arrastava, o departamento de patentes confundiu as coisas um pouco mais, deferindo, em junho de 1964, a solicitação original de Kilby. Isso tornou a questão da prioridade ainda mais importante. Só em fevereiro de 1967 veio o veredicto final, em favor de Kilby. Oito anos haviam transcorrido desde que ele protocolara seu requerimento de patente, e então a Texas Instruments foi considerada inventora do microchip. Só que essa decisão não encerrou o conflito. A Fairchild apelou, e o Tribunal de Apelações de Alfândega e Patentes, depois de ouvir todos os argumentos e testemunhos, tomou uma decisão diferente em novembro de 1969. "Kilby não demonstrou", afirmou o tribunal de apelação, "que o termo 'deixar de fora' tinha [...] ou a partir daí adquirira um significado em eletrônica ou na arte do semicondutor, que necessariamente conota aderência."[14] O advogado de Kilby tentou apelar para a Suprema Corte dos Estados Unidos, que se recusou a examinar a causa.

A vitória de Noyce, depois de uma década de idas e vindas e mais de 1 milhão de dólares de custas judiciais, resultou pouco significativa. O subtítulo na pequena reportagem publicada pela *Electronic News* foi "Anulação de patente não vai mudar grande coisa". Àquela altura os trâmites legais tinham se tornado quase irrelevantes. O mercado de microchips se expandira com tanta rapidez que o pessoal pragmático da Fairchild e da Texas Instruments percebeu que o que estava em jogo era grande demais para ser deixado ao sistema jurídico. No verão de 1966, três anos antes da resolução jurídica final, Noyce e seus advogados da Fairchild reuniram-se com o presidente e o conselho da Texas Instruments e fecharam um acordo. Cada empresa reconhecia que a outra tinha determinados direitos de propriedade intelectual do microchip, e concordaram com uma licença compartilhada, relativa a quaisquer direitos que tivessem. Outras empresas teriam de negociar licenças com ambas, normalmente pagando um royalty que correspondia a 4% de seu lucro.[15]

Então, quem inventou o microchip? Da mesma forma que a questão de quem inventou o computador, a resposta não pode ser dada recorrendo-se apenas a regras legais. Os avanços praticamente simultâneos feitos por Kilby e Noyce mostraram que o clima da época estava maduro para essa invenção. Na verdade, muitas pessoas do país e do mundo, entre elas Werner Jacobi, da Siemens, na Alemanha, e Geoffrey

Dummer, da Royal Radar Establishment, na Grã-Bretanha, já tinham sugerido a possibilidade de um circuito integrado. O que Noyce e Kilby fizeram, em colaboração com suas equipes em suas empresas, foi conceber métodos práticos para produzir esse dispositivo. Embora Kilby tivesse se adiantado alguns meses na concepção de uma forma de integrar componentes num chip, Noyce fez algo mais: concebeu a maneira correta de conectar esses componentes. Seu modelo podia ser produzido em larga escala, de forma eficiente, e se tornou o modelo geral para os futuros microchips.

Há uma lição inspiradora na forma como Kilby e Noyce, em termos pessoais, lidaram com a questão de quem inventou o microchip. Ambos eram gente de bom caráter; vinham de pequenas comunidades bastante harmoniosas do Meio-Oeste e tinham uma boa formação. Ao contrário de Shockley, não sofriam de uma mistura tóxica de egolatria e insegurança. Sempre que a questão do crédito da invenção vinha à baila, cada um se mostrava generoso em exaltar as contribuições do outro. Logo se tornou consenso atribuir o crédito aos dois e referir-se a eles como coinventores. Numa história oral dos primeiros tempos, Kilby sussurrava mansamente: "Isto não tem a ver com o que entendo por coinvenção, mas se tornou aceito por todos".[16] No entanto ele terminou por também aceitar a ideia, e sempre se mostrou simpático em relação a ela. Quando Craig Matsumoto, da *Electronic Engineering Times*, o questionou sobre a controvérsia muitos anos depois, "Kilby elogiou Noyce e disse que a revolução do semicondutor resultou do trabalho de milhares, e não de uma patente".[17]

Quando disseram a Kilby que ele ganhara o prêmio Nobel no ano 2000, dez anos depois da morte de Noyce,[a] uma das primeiras coisas que fez foi exaltá-lo. "Lamento que ele não mais esteja vivo", disse aos repórteres. "Se ele estivesse vivo, acho que o prêmio seria partilhado entre nós." Quando um físico sueco o apresentou na cerimônia afirmando que sua invenção deflagrara a Revolução Digital mundial, Kilby demonstrou uma humildade impressionante. "Sempre que ouço esse tipo de coisa", replicou, "lembro-me do que o castor disse para o coelho quando eles estavam na base da represa Hoover: 'Não, eu não a construí, mas ela foi baseada numa das minhas ideias'."[18]

A DISPARADA DO MICROCHIP

O primeiro grande mercado do microchip foi o das Forças Armadas. Em 1962, o Comando Aéreo Estratégico projetou um novo míssil balístico terra-ar, o Minuteman II, que necessitaria de 2 mil microchips para seu sistema de direcionamento de bordo. A Texas Instruments conseguiu o direito de ser o principal fornecedor. Em 1965, sete Minutemen eram construídos por semana, e a Marinha também estava comprando microchips para seu míssil Polaris, que seria lançado por

submarinos. Com uma sagacidade não muito frequente nas burocracias militares encarregadas de compras, os modelos dos microchips foram padronizados. A Westinghouse e a RCA também começaram a lhes fornecer microchips. Assim, os preços logo caíram de maneira considerável, até o ponto em que os microchips ficaram acessíveis como produtos de consumo, e não apenas para uso em mísseis.

A Fairchild também vendia chips para fabricantes de armas, mas com mais precaução que seus concorrentes quando trabalhava com as Forças Armadas. Na relação tradicional com o Exército, um fornecedor trabalhava direto com oficiais uniformizados, que não apenas cuidavam das compras, mas também faziam imposições e procuravam interferir no projeto. Noyce achava que essas parcerias sufocavam a inovação: "A orientação da pesquisa estava sendo determinada por pessoas menos competentes em ver para onde ela devia ir".[19] Ele insistiu que a Fairchild financiasse o desenvolvimento de seus chips usando o próprio dinheiro, de forma a poder manter o controle do processo. Se o produto fosse bom, acreditava ele, as Forças Armadas o comprariam. E foi o que aconteceu.

O programa espacial civil americano foi o segundo grande fator de dinamização da produção de microchips. Em maio de 1961, o presidente John F. Kennedy declarou: "Acredito que esta nação deveria se empenhar em atingir o objetivo, antes do fim da década, de levar um homem à Lua e trazê-lo de volta com segurança à Terra". O programa Apollo, como ficou conhecido, precisava de um computador que controlasse suas operações e coubesse no nariz da nave. Então ele foi projetado, desde o princípio, para usar os mais poderosos microchips que pudessem ser fabricados. Os 75 Computadores de Controle do Apollo que foram produzidos terminaram por conter 5 mil microchips cada um, todos idênticos, e a Fairchild conseguiu fechar o contrato para fabricá-los. O objetivo foi atingido uns poucos meses antes do prazo final estipulado por Kennedy; em julho de 1969, Neil Armstrong pisou na Lua. Àquela altura, o programa Apollo comprara mais de 1 milhão de microchips.

Essas consideráveis e previsíveis fontes de demanda do governo fizeram com que o preço caísse rápido. O primeiro protótipo de chip para o computador de controle do Apollo custou mil dólares. À época em que se começou a fabricá-los com regularidade, cada um custava vinte dólares. O preço médio para cada microchip no míssil Minuteman era de cinquenta dólares em 1962; em 1968, era de dois dólares. Isso estimulou o mercado a colocar microchips em produtos para o consumidor comum.[20]

Os primeiros produtos de consumo a usar microchips foram aparelhos auditivos, porque eles precisavam ser muito pequenos e encontrariam compradores, ainda que fossem caros. Mas a demanda por esses aparelhos era bastante limitada. Assim, Pat Haggerty, agora presidente da Texas Instruments, repetiu a manobra a que recorrera com sucesso no passado. Um aspecto da inovação é criar novos aparelhos; outro é inventar maneiras populares de usá-los. Haggerty e sua empresa eram muito

bons nas duas coisas. Onze anos depois de criar um imenso mercado para transístores baratos lançando rádios de bolso, ele buscou uma forma de fazer o mesmo com microchips. A ideia que lhe ocorreu foi produzir calculadoras de bolso.

Numa viagem aérea com Jack Kilby, Haggerty esboçou sua ideia e determinou suas diretrizes: construir uma calculadora portátil capaz de efetuar as mesmas operações que as geringonças de mil dólares que se viam nas mesas de escritório; fazê-la eficiente o bastante para funcionar com pilhas, pequena o bastante para caber no bolso da camisa e barata o bastante para ser comprada por impulso. Em 1967, Kilby e sua equipe produziram mais ou menos o que Haggerty imaginara. A calculadora era capaz de realizar apenas quatro operações (somar, subtrair, multiplicar e dividir) e era um pouco mais pesada (quase um quilo) e não muito barata (150 dólares).[21] Mas fez um enorme sucesso. Criara-se um novo mercado para um aparelho que as pessoas ainda não sabiam que precisavam. E, seguindo o caminho inevitável, ele foi ficando cada vez menor, mais potente e mais barato. Em 1972, o preço de uma calculadora de bolso caíra para cem dólares e foram vendidas 5 milhões de unidades. Em 1975, o preço caiu para 25 dólares, e as vendas estavam duplicando ano a ano. Em 2014, a calculadora da Texas Instruments custa 3,62 dólares no Walmart.

A LEI DE MOORE

Essa se tornou a regra para produtos eletrônicos. A cada ano eles ficam menores, mais baratos, mais rápidos, mais potentes. Isso era especialmente verdadeiro — e importante — porque duas indústrias estavam crescendo ao mesmo tempo, e elas se interligavam: o computador e o microchip. "A sinergia entre um novo componente e uma nova aplicação gerou um crescimento explosivo para ambos", escreveu Noyce mais tarde.[22] A mesma sinergia acontecera meio século antes, quando a indústria do petróleo cresceu com a indústria de automóveis. Tratava-se de uma lição crucial para a inovação: entender que indústrias são simbióticas de maneira que se possa capitalizar a forma como uma vai estimular a outra.

Se alguém pudesse intuir uma regra eficiente e precisa para prever as tendências, isso ajudaria empreendedores e capitalistas de risco a se valer dessa lição. Por sorte, Gordon Moore se adiantou no momento de fazer isso. Quando as vendas do microchip estavam começando a crescer de maneira vertiginosa, pediram-lhe que fizesse um prognóstico do mercado futuro. Seu artigo, intitulado "Cramming More Components onto Integrated Circuits" [Encaixando novos componentes em circuitos integrados], foi publicado no número de abril de 1965 da *Electronics Magazine*.

Moore começou com uma rápida antevisão do futuro digital. "Os circuitos integrados levarão a maravilhas, tais como computadores domésticos — ou, pelo menos, terminais conectados a um computador central —, controles automáticos para automóveis e equipamentos portáteis de comunicação pessoal", escreveu. Então, ele

fez uma afirmação ainda mais presciente, que o tornaria famoso. “A complexidade para mínimos custos de componentes cresceu a uma taxa de cerca de 2% por ano”, observou. “Não há motivo para acreditar que não irá se manter constante por pelo menos dez anos.”[23]

Em termos mais simples, ele quis dizer que o número de transístores que podiam ser encaixados, de forma rentável, num microchip duplicava a cada ano, e ele esperava que isso continuasse pelo menos pelos dez anos seguintes. Um de seus amigos, um professor do Caltech, batizou isso, publicamente, de “Lei de Moore”. Em 1975, passados dez anos, verificou-se que Moore estava certo. Ele então modificou sua lei, diminuindo para a metade a taxa de crescimento prevista, antevendo que o número de transístores encaixados num chip “dobraria a cada dois anos, e não a cada ano”. Um colega, David House, apresentou mais uma modificação, agora às vezes levada em conta, segundo a qual a “performance” do chip iria dobrar a cada dezoito meses, devido à crescente potência e também ao crescente número de transístores que poderiam ser colocados num microchip. As formulações de Moore e suas variações mostraram-se úteis pelo menos ao longo do meio século seguinte e ajudaram a traçar o curso de um dos maiores surtos de inovação e prosperidade da história humana.

A Lei de Moore se tornou mais do que mera previsão. Era também um objetivo para a indústria, que, em parte, se autorrealizou. O primeiro exemplo ocorreu em 1964, quando Moore estava formulando sua lei. Noyce decidiu que a Fairchild iria vender seus microchips mais simples por menos que o custo de produção. Moore chamou a estratégia de “a surpreendente contribuição de Bob para a indústria de semicondutores”. Noyce sabia que o preço baixo faria com que fabricantes de aparelhos incorporassem microchips em seus novos produtos. Sabia também que o preço baixo estimularia a demanda, a produção em larga escala e a economia de escala, o que tornaria a Lei de Moore uma realidade.[24]

A Fairchild Camera and Instrument resolveu, o que nada teve de surpreendente, exercer seu direito de comprar a Fairchild Semiconductor em 1959. Isso tornou os oito fundadores ricos, mas lançou as sementes de discórdia. Os executivos da companhia da Costa Oeste recusaram-se a ceder a Noyce o direito de disponibilizar a compra de ações para novos e prestigiosos engenheiros da própria empresa, e se apropriaram dos lucros da divisão de semicondutores para fazer investimentos menos rentáveis em áreas mais triviais, como em câmeras de cinema caseiras e máquinas de carimbar.

Havia também problemas internos em Palo Alto. Engenheiros começaram a se retirar da companhia, semeando o vale com o que ficou conhecido como Fairchildren, firmas que se desenvolveram de sementes da Fairchild. O episódio mais notável aconteceu em 1961, quando Jean Hoerni e três dos oito engenheiros desertores do

Shockley Semiconductor Laboratory abandonaram a Fairchild para integrar uma firma iniciante, fundada por Arthur Rock, que veio a ser a Teledyne. Outros tomaram o mesmo rumo, e em 1968 o próprio Noyce estava disposto a abandonar a empresa. Ele fora preterido quando surgiu a oportunidade de ocupar o mais alto cargo da empresa, o que o aborreceu, mas também o fez perceber que na verdade não era isso que desejava. A Fairchild, a corporação como um todo e mesmo a divisão de semicondutores de Palo Alto, tornara-se grande demais e burocrática ao extremo. Noyce ansiava por largar algumas funções gerenciais e voltar a trabalhar diretamente no laboratório.

"Que tal fundar uma nova empresa?", perguntou ele a Moore certo dia.

"Gosto daqui", respondeu Moore.[25] Eles haviam ajudado a criar a cultura do mundo tecnológico da Califórnia, no qual as pessoas abandonavam empresas bem estabelecidas para criar outras. Mas agora, quando ambos beiravam os quarenta anos, Moore não tinha a menor disposição para saltar do telhado numa asa-delta. Noyce insistiu. Por fim, quando se aproximava o verão de 1968, simplesmente informou a Moore que ia sair. "Bob tinha um jeito de fazer a gente querer se aventurar com ele", contou Moore, rindo, muitos anos depois. "Então terminei por dizer: 'Tudo bem, vamos lá'."[26]

"À medida que [a empresa] crescia mais e mais, passei a gostar cada vez menos do meu trabalho diário", escreveu Noyce em sua carta de demissão a Sherman Fairchild. "Em parte, isso talvez se deva ao fato de eu ter nascido numa cidade pequena e me deleitar com relações pessoais de cidade pequena. Agora empregamos o correspondente ao dobro da população de minha 'cidade natal'." Seu desejo, disse ele, era "reaproximar-se da tecnologia de ponta".[27]

Quando Noyce ligou para Arthur Rock, que articulara o financiamento que tornou possível a fundação da Fairchild Semiconductor, Rock logo perguntou: "Por que você ficou tanto tempo aí?".[28]

ARTHUR ROCK E O CAPITAL PARA INVESTIMENTOS DE RISCO

Nos onze anos desde que costurara a aliança entre os oito traidores para fundar a Fairchild Semiconductor, Arthur Rock tinha ajudado a criar algo que estava destinado a ser quase tão importante para a era digital quanto o capital de risco do microchip.

Durante boa parte do século XX, o investimento de risco e o investimento privado em novas empresas foram prerrogativas de umas poucas famílias abastadas, como os Vanderbilt, os Rockefeller, os Whitney, os Phippse e os Warburg. Depois da Segunda Guerra Mundial, muitos desses clãs fundaram empresas para institucionalizar o negócio. John Hay "Jock" Whitney, herdeiro de múltiplas fortunas de família, contratou Brenno Schmidt para constituir a J. H. Whitney & Co., que se especializou no que eles a princípio chamaram de "capital de risco" para financiar

empreendedores que não conseguiam empréstimos bancários. Os seis filhos e a única filha de John D. Rockefeller Jr., liderados por Laurence Rockefeller, fundaram uma empresa similar, que terminou por se tornar a Venrock Associates. O mesmo ano, 1946, assistiu ao nascimento do concorrente mais influente, que se baseava mais na sagacidade para negócios do que na riqueza de família: a American Research and Development Corporation (ARDC), fundada por Georges Doriot, ex-reitor da escola de administração de Harvard, em parceria com Karl Compton, ex-presidente do MIT. A ARDC se deu muito bem fazendo um investimento inicial na Digital Equipment Corporation em 1957, cujo valor quintuplicou quando a empresa iniciou sua oferta de ações onze anos depois.[29]

Arthur Rock levou esse conceito para o oeste, entrando na era do silício do capital de risco. Quando reuniu os oito traidores, liderados por Noyce, com a Fairchild Camera, Rock e sua companhia compraram ações da empresa. Depois disso, ele percebeu que poderia levantar capital para fazer negócios semelhantes sem depender de um patrão corporativo. Ele tinha experiência em pesquisa de negócios, gosto pela tecnologia, uma boa intuição para liderança em negócios e bom número de investidores da Costa Leste aos quais trouxera bons resultados. "O dinheiro estava na Costa Leste, mas as empresas inventivas e dinâmicas estavam na Califórnia, de modo que resolvi mudar para o oeste, sabendo que com isso poderia fazer a ponte entre os dois extremos", disse ele.[30]

Filho de imigrantes judeus russos, Rock cresceu em Rochester, Nova York, onde trabalhou preparando sorvetes e refrigerantes na confeitaria do pai e desenvolveu um bom radar para personalidades. Um de seus princípios era apostar mais em pessoas do que em ideias. Além de analisar em detalhes projetos de negócios, ele fazia entrevistas incisivas e perspicazes com aqueles que buscavam financiamento. "Acredito tanto nas pessoas que acho que conversar com um indivíduo é muito mais importante do que me informar mais sobre o que ele pretende fazer", explicava. Exteriormente, aparentava ser um grosseirão ríspido e taciturno. Mas quem observasse seu semblante mais de perto percebia, pelo brilho de seus olhos e pelos sorrisos apenas esboçados, que ele gostava de gente e tinha um caloroso senso de humor.

Ao chegar a San Francisco, ele foi apresentado a Tommy Davis, um homem de negócios conversador que estava investindo o dinheiro da Kern County Land Co., um império pecuário e de petróleo a que não faltava capital. Eles entraram no negócio juntos, visto que Davis e Rock levantaram 5 milhões de dólares dos investidores de Rock da Costa Oeste (e também dos fundadores da Fairchild), e começaram a financiar novas empresas em troca de metade dos lucros. Fred Terman, reitor de Stanford, ainda procurando criar laços entre sua universidade e o crescente boom de tecnologia, estimulou seus professores de engenharia a dar assessoria a Rock, que fez um curso noturno de eletrônica na instituição. Duas de suas primeiras apostas foram na Teledyne e na Scientific Data Systems, que resultaram num belo retorno. Quando

Noyce o procurou para achar uma saída estratégica da Fairchild em 1968, a parceria de Rock com Davis tinha se desfeito de maneira amistosa (os investimentos de ambos haviam se multiplicado por trinta, em sete anos) e ele estava atuando de forma independente.

"Se eu quisesse fundar uma empresa", perguntou Noyce, "você poderia me conseguir o dinheiro?" Rock lhe garantiu que seria fácil. O que poderia combinar melhor com sua teoria de que era preferível apostar nos jóqueis — que você devia investir em sua confiança nas pessoas em vez de na companhia — do que numa empresa que seria comandada por Robert Noyce e Gordon Moore? Ele mal perguntou o que eles pretendiam fazer, e a princípio nem ao menos achou que havia necessidade de fazer um planejamento ou uma descrição do negócio. "Foi o único investimento que fiz na certeza de que teria sucesso", afirmou ele depois.[31]

Quando buscava um lugar para os oito traidores em 1957, Rock tinha sacado uma única folha de um bloco de anotações, escrito uma lista de nomes numerada e, metodicamente, telefonado para cada um deles, riscando os nomes enquanto seguia com os telefonemas. Então, onze anos depois, ele pegou outra folha de papel e compôs uma lista de pessoas que seriam convidadas a investir e quantas das 500 mil ações[b] disponíveis a cinco dólares cada iria oferecer a cada uma delas. Na ocasião, ele excluiu apenas um nome (Johnson, do Fidelity,[c] não entrou). Rock precisou de uma segunda folha de papel para revisar a oferta de ações, porque a maioria das pessoas queria investir mais do que lhes tinha sido proposto. Ele levou menos de três dias para levantar o dinheiro. Entre os afortunados investidores estavam o próprio Rock, Noyce, Moore, o Grinnell College (Noyce queria enriquecer a instituição e o fez), Laurence Rockefeller, Fayez Sarofin, colega de Rock em Harvard, Max Palevsky, da Scientific Data Systems, e a antiga firma de investimento de Rock, Hayden, Stone. O mais surpreendente é que aos outros seis membros do grupo dos oito traidores, muitos dos quais agora trabalhavam em firmas que iriam competir com eles, foi dada a oportunidade de investir. Todos o fizeram.

Para o caso de alguém desejar um prospecto, o próprio Rock datilografou um esboço de projeto de três páginas e meia da companhia a ser fundada. Ele iniciava com informações sobre Noyce e Moore, e em seguida havia uma breve descrição das "tecnologias de transístor" que a empresa iria desenvolver. "Mais tarde, advogados fizeram uma confusão com capital de risco, obrigando-nos a escrever livros-prospectos tão longos, complexos e cheios de minúcias que eram uma verdadeira piada", queixou-se Rock anos depois, retirando as páginas de seu arquivo. "Bastava eu dizer às pessoas que se tratava de Noyce e Moore. Elas não precisavam de informações mais detalhadas."[32]

O primeiro nome que Noyce e Moore escolheram para sua companhia foi NM Electronics, suas iniciais. Não era nada que despertasse muito entusiasmo. Depois de muitas sugestões canhestras — entre as quais Electronic Solid State Computer Technology Corp. —, eles afinal optaram por Integrated Electronics Corp. Esse nome

também não era nada animador, mas tinha a virtude de ser sintético — como Intel. Ele soava muito bem. Era inteligente e sagaz em vários sentidos.

A TRAJETÓRIA DA INTEL

As inovações surgem de maneiras diversas. A maioria das que apresentamos neste livro constitui-se de aparelhos, como o computador e o transístor, e processos a elas relacionados, como programação, software e trabalho em rede. Importantes também são as inovações que produzem novos serviços, como o capital de risco, e as que criam estruturas organizacionais para pesquisa e desenvolvimento, como os Laboratórios Bell. Mas esta seção fala de outro tipo de criação. Surgiu na Intel uma inovação que teve um impacto quase tão importante na era digital quanto qualquer uma das citadas. Trata-se da invenção de uma cultura corporativa e de um estilo de gerenciamento que constituíam a antítese da organização hierárquica das empresas da Costa Leste.

As bases desse estilo, como muito do que aconteceu no Vale do Silício, estavam na Hewlett-Packard. Durante a Segunda Guerra Mundial, enquanto Bill Hewlett estava nas Forças Armadas, Dave Packard várias noites dormia numa cama de lona no escritório e gerenciava três turnos de trabalhadores, muitos deles mulheres. Ele percebeu, em parte por necessidade, que era produtivo conceder aos seus funcionários horários flexíveis e plena liberdade para escolher a forma como cumprir suas tarefas. A hierarquia gerencial praticamente acabou. Durante os anos 1950, esse tipo de abordagem se mesclou com o estilo informal da Califórnia para criar uma cultura em que cabiam cervejadas às sextas-feiras, horários flexíveis e a prerrogativa de opção por ações.[33]

Robert Noyce levou essa cultura a um novo patamar. Para entendê-lo enquanto gerente, cumpre lembrar que ele nasceu e foi criado como congregacionista. Seu pai e seus dois avós eram ministros da confissão dissidente cuja crença fundamental era a recusa da hierarquia e todos os seus aparatos. Os puritanos livraram a Igreja de toda pompa e graus de autoridade, chegando mesmo a eliminar os púlpitos elevados, e aqueles que difundiram essa doutrina não conformista nas Grandes Planícies, entre os quais os congregacionistas, eram igualmente avessos a distinções hierárquicas.

Também é bom lembrar que, desde seus primeiros dias de estudante, Noyce adorava madrigais. Toda quarta-feira à tarde ele participava dos ensaios de seu grupo de doze vozes. Os madrigais não se baseiam em vocalistas e solistas; as canções polifônicas entremeiam múltiplas vozes e melodias, nenhuma delas sobrepondo-se às demais. "Sua parte depende das outras e sempre lhes serve de apoio", explicou Noyce.[34]

Gordon Moore também era despretensioso, avesso ao confronto e desinteressado das pompas do poder. Eles se complementavam bem. Noyce era o sr.

Visitas; ele tinha a capacidade de fascinar um cliente com o carisma que o acompanhava desde a infância. Moore, sempre comedido e pensativo, gostava de ficar no laboratório e sabia liderar seus engenheiros com perguntas simples ou (sua flecha mais afiada) um silêncio calculado. Noyce tinha grande talento para a visão estratégica e para ver o quadro geral; Moore entendia os detalhes, sobretudo de tecnologia e engenharia.

Assim, eles eram parceiros perfeitos, exceto num aspecto: com a mesma aversão que tinham pela hierarquia e a pouca inclinação para chefiar, nenhum dos dois era um gerente resoluto. Dado o seu desejo de serem amados, ambos hesitavam em se mostrar duros. Eles orientavam as pessoas, mas não as comandavam. Se surgisse um problema, ou, Deus nos livre, uma discordância, eles não se dispunham a enfrentá-la. Por isso, não o faziam.

Foi aí que entrou Andy Grove.

Nascido András Gróf, em Budapeste, Grove não vinha de um mundo de madrigais congregacionistas. Ele cresceu na condição de judeu na Europa Central à época da ascensão do fascismo, aprendendo lições brutais sobre autoridade e poder. Quando tinha oito anos, os nazistas invadiram a Hungria; seu pai foi mandado para um campo de concentração, e András e a mãe foram obrigados a mudar para um apartamento destinado a judeus apinhado de gente. Quando ele saía à rua, era obrigado a usar na roupa uma estrela de davi amarela. Certo dia em que ele adoeceu, sua mãe convenceu um amigo não judeu a trazer alguns ingredientes para uma sopa, o que resultou na prisão dela e do amigo. Quando foi solta, ela e András adotaram identidades falsas e receberam proteção de amigos. A família se reuniu depois da guerra, mas então os comunistas assumiram o poder. Aos vinte anos, Grove resolveu fugir pela fronteira para a Áustria. Ele escreveu em suas memórias, *Swimming Across*:

> Quando estava com vinte anos, tinha vivido sob uma ditadura fascista húngara, a ocupação militar alemã, a Solução Final nazista, o cerco de Budapeste pelo Exército Vermelho soviético, um período de democracia caótico nos anos imediatamente posteriores à guerra, vários regimes comunistas repressivos e um levante popular que foi esmagado pela força das armas.[35]

Era algo muito diferente de cortar grama e cantar num coral de uma cidadezinha de Iowa, o que não tendia a inspirar nenhum tipo de brandura.

Grove chegou aos Estados Unidos um ano depois e, enquanto aprendia inglês sozinho, conseguiu se formar em primeiro lugar em sua turma do City College of New York e a seguir conquistou o grau de ph.D. em engenharia química em Berkeley. Ele entrou na Fairchild em 1963, saído direto de Berkeley, e em seu tempo livre escreveu um livro-texto para faculdades intitulado *Physics and Technology of Semiconductor Devices* [Física e tecnologia de dispositivos semicondutores].

Quando Moore lhe comunicou seu plano de sair da Fairchild, Grove se ofereceu para acompanhá-lo. Na verdade, praticamente impôs seu desejo a Moore. "Eu de fato o respeitava e desejava ir aonde quer que ele fosse", declarou. Ele se tornou a terceira pessoa da Intel, atuando como diretor de engenharia.

Grove tinha profunda admiração pelo talento técnico de Moore, mas não por seu estilo de gerenciamento. Algo compreensível, dada a aversão de Moore pelo confronto e por quase todo aspecto do gerenciamento que fosse além de fazer uma recomendação comedida. Se surgisse um conflito, ele se punha a observá-lo com calma, à distância. "Ele é, por natureza, incapaz, ou simplesmente nada inclinado a fazer o que um gerente tem de fazer", disse Grove a seu respeito.[36] Já o combativo Grove sentia que o confronto franco não era apenas um dever gerencial, mas também um dos revigorantes condimentos da vida, com o qual, em sua qualidade de húngaro calejado, ele se deleitava.

Grove se sentia ainda mais horrorizado com o estilo de gerenciamento de Noyce. Na Fairchild, fora tomado de fúria quando Noyce ignorou a incompetência de um dos chefes de sua divisão, que chegava às reuniões atrasado e embriagado. Assim, ele reclamou quando Moore disse que a nova empresa seria uma parceria com Noyce. "Eu lhe disse que Bob era melhor líder do que Andy o considerava", disse Moore. "Eles apenas tinham estilos diferentes."[37]

Noyce e Grove se davam muito melhor no âmbito social do que no profissional. Eles iam com as famílias para Aspen, onde Noyce ajudava o colega a praticar esqui e até lhe afivelava as botas. Não obstante, Grove observou em Noyce um desprendimento que podia ser desconcertante: "Ele era a única pessoa que já conheci que podia ser ao mesmo tempo distante e encantadora".[38] Além disso, apesar da amizade de fim de semana, Grove ficava irritado e às vezes estarrecido com Noyce no escritório. "Era sempre desagradável e desanimador lidar com Bob quando ele gerenciava os problemas da empresa", lembrou.

> Se duas pessoas se desentendiam e todos o procurávamos para tomar uma decisão, ele exibia um olhar de sofrimento e dizia algo como: "Talvez vocês devessem resolver essa questão". Na maioria das vezes ele não dizia isso; simplesmente mudava de assunto.[39]

O que Grove não percebeu na época, mas veio a entender depois, foi que o verdadeiro gerenciamento nem sempre resulta do fato de se ter um líder forte. Ele pode resultar da combinação correta de diferentes talentos à frente da empresa. Como uma liga metálica, se você conseguir a combinação certa de elementos, o resultado pode ser forte. Anos mais tarde, depois que Grove aprendeu a valorizar isso, ele leu *Prática de administração de empresas*, de Peter Drucker, que descrevia o chefe executivo ideal como uma pessoa vinda de fora, uma pessoa do meio e uma pessoa de

ação. Grove percebeu que em vez de estarem personificados em uma única pessoa, esses traços podiam existir numa equipe que exercia a liderança. Esse era o caso da Intel, disse Grove, que então fez cópias do capítulo do livro para Noyce e Moore. Noyce era a pessoa de fora, Moore a pessoa pertencente ao meio e Grove era o homem de ação.[40]

Arthur Rock, que levantou o financiamento para o trio e a princípio atuou como diretor, entendeu a vantagem de criar uma equipe executiva cujos membros complementavam uns aos outros. Ele também observou um corolário: era importante que os três se tornassem a diretoria executiva, como de fato aconteceu. Ele descreveu Noyce como "um visionário que sabia inspirar as pessoas e soube vender a companhia para os outros quando ela estava decolando". Feito isso, a Intel precisava ser dirigida por alguém capaz de fazê-la pioneira em cada nova onda de tecnologia, "e Gordon era um cientista brilhante que dominava totalmente a tecnologia". Então, quando já havia dezenas de outras empresas concorrentes, "precisávamos de um gerente resoluto, objetivo, capaz de operar o empreendimento como um negócio". Era o caso de Grove.[41]

A cultura da Intel, que haveria de permear a cultura do Vale do Silício, era um produto de três homens. Como era de esperar de uma congregação na qual Noyce era o ministro, ela não tinha o aparato da hierarquia. Não havia vagas de estacionamento reservadas. Todos, inclusive Noyce e Moore, trabalhavam em cubículos similares. Um repórter, Michael Malone, descreveu sua visita à Intel para fazer uma entrevista: "Não consegui encontrar Noyce. Foi preciso que uma secretária viesse e me levasse ao seu cubículo, que quase não se podia distinguir de todos os outros, naquele vasto oceano de cubículos".[42]

Quando um novo funcionário manifestava o desejo de ver o organograma da empresa, Noyce fazia um X no meio de uma folha e depois desenhava um monte de outros Xs à sua volta, com linhas que os ligavam. O funcionário era o centro, e os demais eram as pessoas com quem ele iria interagir.[43] Noyce observou que nas empresas da Costa Leste os funcionários menos graduados e as secretárias trabalhavam em mesinhas de metal, ao passo que as mesas dos executivos do alto escalão eram grandes e de mogno. Assim, ele decidiu trabalhar numa mesinha de alumínio cinza, ainda que os funcionários recém-admitidos dispusessem de mesas maiores e de madeira. Sua mesa surrada e arranhada ficava quase no meio da sala, numa posição em que todos podiam vê-la. Isso evitava que qualquer outra pessoa reivindicasse algum aparato de poder. "Não havia privilégios em nenhum lugar", lembrou Ann Bowers, que era a diretora de recursos humanos e mais tarde se casaria com Noyce.[d] "Demos início a uma cultura empresarial completamente diferente de tudo que havia antes. Era uma cultura de meritocracia."[44]

Era também uma cultura de inovação. Noyce tinha uma teoria que desenvolveu depois de penar sob a rígida hierarquia da Philco. Quanto mais aberto e desestruturado um local de trabalho, acreditava ele, mais rápido ideias novas haveriam

de surgir, difundir-se, aperfeiçoar-se e serem aplicadas. “A ideia é que as pessoas não devem ser inseridas numa cadeia de comando”, disse Ted Hoff, um dos engenheiros da Intel. “Se você precisar falar com determinado gerente, você vai e fala com ele.”[45] Como Tom Wolfe expressou em seu perfil,

> Noyce se deu conta do quanto odiava o sistema corporativo de classe e status do leste, com suas infinitas gradações, encimadas pelo diretor executivo e vice-presidentes que se comportavam na vida cotidiana como se constituíssem uma corte e uma aristocracia corporativas.

Evitando uma cadeia de comando, primeiro na Fairchild Semiconductor, depois na Intel, Noyce deu poder aos funcionários e os forçou a desenvolver seu espírito empreendedor. Embora Grove cerrasse os dentes quando as disputas não eram resolvidas em reuniões, Noyce se sentia bastante à vontade para deixar os funcionários novos resolverem os problemas, em vez de direcioná-los para uma instância superior de gerenciamento que lhes ditaria o que fazer. Responsabilidades eram atribuídas a jovens engenheiros, que se viam na contingência de se tornar inovadores. Vez por outra, um funcionário ficava nervoso por causa de um problema difícil. “Ele procurava Noyce, expunha a dificuldade agoniado e lhe perguntava o que devia fazer”, contou Wolfe.

> E Noyce abaixava a cabeça, girava seus olhos de cem amperes, ouvia e dizia: “Escute, aqui estão as suas diretrizes: Você tem de considerar A, considerar B e considerar C”. Então ele abria seu sorriso de Gary Cooper: “Mas se você acha que vou tomar a decisão por você, está enganado. Ei… você é que tem de resolver isso”.

Em vez de apresentar planos para o alto escalão do gerenciamento, as unidades da Intel eram encarregadas de atuar como se fossem uma pequena empresa autônoma e ágil. Toda vez que havia uma decisão que exigia a adesão de outras unidades, como um novo plano de marketing ou uma mudança na estratégia de um produto, a questão não era levada às instâncias mais altas. Em vez disso, convocava-se de imediato uma reunião para analisá-la, ou pelo menos tentar. Noyce gostava de reuniões, e havia salas disponíveis para o caso de qualquer um sentir necessidade de convocar uma. Nessas ocasiões todos eram tratados como iguais e podiam discordar da opinião predominante. Noyce estava lá não como patrão, mas como um pastor orientando-os para que tomassem suas próprias decisões. “Não era uma corporação”, concluiu Wolfe. “Era uma congregação.”[46]

Noyce era um grande líder por ser inspirador e inteligente, mas não era um

grande gerente. “Bob atuava com base no princípio de que, se você desse uma ideia às pessoas da medida certa a tomar, elas seriam inteligentes o bastante para entender e agir”, disse Moore. “Você não precisava se preocupar em acompanhar o processo.”[47] Moore reconhecia que não ia muito além disso: “Nunca senti muita disposição para exercer autoridade nem para agir na qualidade de patrão, o que significa que éramos muito parecidos”.[48]

Esse estilo de gerenciamento precisava de alguém que impusesse disciplina. Logo que entrou na Intel, bem antes de chegar sua vez de participar da diretoria, Grove ajudou a instituir algumas técnicas de gerenciamento. Ele criou um espaço no qual as pessoas eram responsabilizadas por suas falhas. Estas tinham consequências. “Andy seria capaz de demitir a própria mãe se ela se mostrasse um empecilho”, contou um engenheiro. Outro colega explicou que isso era necessário numa organização que tinha Noyce à frente: “Bob realmente tem de ser uma pessoa muito legal. Para ele é importante que o amem. Então é preciso que haja alguém para fazer o jogo duro e eliminar quem tem de ser eliminado. E Andy é muito bom nisso”.[49]

Grove começou a estudar e aprender a arte do gerenciamento como se fosse a ciência dos circuitos. Mais tarde ele viria a ser autor de best-sellers como *Só o paranoico sobrevive* e *Gerenciamento de alta potência*. Ele não tentou impor uma hierarquia de comando naquilo que Noyce tinha organizado. Em vez disso, ajudou a instilar uma cultura que era orientada, concentrada e atenta aos detalhes, características que não adviriam naturalmente do estilo conciliador e descontraído de Noyce. Suas reuniões eram dinâmicas e decisivas, ao contrário das conduzidas por Noyce, em que os participantes tendiam a se demorar o máximo possível, sabendo que era provável que ele concordasse tacitamente com a última pessoa a se pronunciar.

O que poupava Grove de parecer um tirano era o fato de ser muito estimulante, e assim era difícil não gostar dele. Quando sorria, seus olhos se iluminavam. Tinha um carisma fabuloso. Com seu sotaque húngaro e seu sorrisão simplório, era, de longe, o engenheiro mais interessante e excêntrico do vale. Ele sucumbiu às modas de gosto duvidoso do início da década de 1970, ao tentar, num estilo nerd digno de uma paródia do *Saturday Night Live*, ser excêntrico. Deixou as costeletas crescerem e o bigode pender dos lados, e passou a usar camisas abertas com correntes de ouro pendendo e bamboleando sobre os pelos do peito. Nada disso escondia o fato de que ele era um engenheiro de verdade, que fora um pioneiro do transístor semicondutor óxido-metálico que se tornou o carro-chefe dos modernos microchips.

Grove incrementou a abordagem igualitária de Noyce — durante toda a sua carreira, trabalhou num cubículo à vista de todos, e gostava disso —, mas acrescentou um elemento, que chamava de “confronto construtivo”. Ele nunca assumia ares de importância, porém nunca abria a guarda. Em contraste com a doce gentileza de Noyce, Grove tinha um estilo áspero e franco. Era a mesma atitude que Steve Jobs iria assumir mais tarde: honestidade brutal, foco absoluto e uma busca incessante por

excelência. "Andy era o cara que garantia que todos os trens partissem sem atraso", lembrou Ann Bowers. "Ele era um feitor. Tinha uma visão bem clara do que se devia e não se devia fazer, e era muito franco em relação a isso."[50]

Não obstante seus estilos diferentes, havia uma coisa que Noyce, Moore e Grove tinham em comum: o objetivo inabalável de garantir que a inovação, a experimentação e o empreendedorismo florescessem na Intel. O mantra de Grove era: "O sucesso leva à complacência. A complacência leva ao fracasso. Só os paranoicos sobrevivem". Noyce e Moore podiam não ser paranoicos, mas nunca foram complacentes.

O MICROPROCESSADOR

As invenções às vezes acontecem quando as pessoas se defrontam com um problema e lutam para resolvê-lo. Em outras ocasiões, elas acontecem quando as pessoas abraçam um objetivo visionário. A história de como Ted Hoff e sua equipe da Intel inventaram o microprocessador envolve as duas situações.

Hoff, que fora um jovem professor de Stanford, tornou-se o 12º funcionário da Intel e foi encarregado de trabalhar em projetos de chips. Ele percebeu que era pouco rentável e meio canhestro projetar muitos tipos de microchips, cada um com uma função diferente, o que a Intel estava fazendo. Uma empresa a procurava e pedia-lhe que projetasse um microchip destinado a determinada função. Hoff imaginou, assim como Noyce e outros, uma abordagem alternativa: criar um chip de funções múltiplas, que podia ser instruído, ou programado, para uma grande diversidade de funções, conforme se desejasse. Em outras palavras, um computador com funções gerais num chip.[51]

Essa perspectiva coincidia com um problema que caíra nas mãos de Hoff no verão de 1969. Uma empresa japonesa chamada Busicom estava planejando uma potente calculadora de mesa, e descrevera especificações para doze microchips para funções especiais (microchips diferentes para operar displays, cálculos, memória etc.), encomendando-os à Intel. Esta aceitou a incumbência e estabeleceu um preço. Noyce pediu a Hoff que supervisionasse o projeto. Logo surgiu um desafio. "Quanto mais aprendíamos sobre esse projeto, mais eu me preocupava com o fato de a Intel ter se comprometido com algo que estava além de sua capacidade de realizar", lembrou Hoff. "O número de chips e sua complexidade eram muito maior do que eu esperara." Não havia meios de produzi-los pelo preço combinado. E o pior era que a crescente popularidade da calculadora de bolso de Jack Kilby estava obrigando a Busicom a diminuir ainda mais seu preço.

"Bem, se você puder bolar alguma coisa para simplificar o projeto, por que não tentar?", sugeriu Noyce.[52]

Hoff propôs que a Intel projetasse um único chip lógico que pudesse executar

quase todas as tarefas desejadas pela Busicom. "Sei que pode ser feito", disse ele a respeito do chip de funções múltiplas. "Pode ser feito para imitar um computador." Noyce o incentivou a tentar.

Antes que eles pudessem vender a ideia à Busicom, Noyce se deu conta de que tinha de convencer alguém que se mostraria ainda mais refratário: Andy Grove, que oficialmente trabalhava para ele. Parte do que Grove considerava sua atribuição era manter a Intel focada em seus objetivos. Noyce diria sim a quase tudo que lhe propusessem; a função de Grove era dizer não. Quando Noyce passou no cubículo do colega e sentou-se no canto de sua mesa, Grove de imediato se pôs em guarda. Ele sabia que o esforço de Noyce para parecer descontraído era sinal de que estava acontecendo alguma coisa que ele ignorava. "Estamos começando um novo projeto", disse Noyce, com um riso fingido.[53] A primeira reação de Grove foi dizer-lhe que ele estava louco. A Intel era uma empresa incipiente, ainda lutando para fabricar seus chips de memória, e não precisava de mais nada que a viesse perturbar. Mas depois de ter ouvido Noyce falar da ideia de Hoff, Grove percebeu que resistir talvez fosse um erro e com certeza inútil.

Em setembro de 1969, Hoff e seu colega Stan Mazor tinham esboçado a estrutura de um chip lógico multifuncional, capaz de seguir instruções programadas. Ele seria capaz também de fazer o trabalho de nove dos doze chips que a Busicom encomendara. Noyce e Hoff apresentaram a opção aos executivos da Busicom, que concordaram que essa seria a melhor solução. Quando chegou o momento de renegociar o preço, Hoff fez uma recomendação importante a Noyce, que ajudou a criar um enorme mercado para chips multifuncionais e garantiu que a Intel continuasse a ser um carro-chefe da era digital. Era uma negociação que Bill Gates e a Microsoft iriam repetir com a IBM uma década depois. Em troca de oferecer à Busicom um bom preço, Noyce insistiu que a Intel manteria os direitos sobre o novo chip, inclusive o de licenciá-lo para outras empresas para outros objetivos que não a fabricação de uma calculadora. Ele compreendeu que um chip que podia ser programado para realizar qualquer função lógica viria a ser um componente-padrão de aparelhos eletrônicos, da mesma forma que as tábuas de cinco centímetros por dez tinham se tornado um componente-padrão na construção de casas. Ele substituiria os chips especializados, o que significava que poderiam ser fabricados em larga escala, e assim diminuir de preço de maneira contínua. Ele também daria início a uma mudança mais sutil na indústria de eletrônicos: a importância de engenheiros de hardware, que projetavam a localização dos componentes numa placa de circuito, começou a ser suplantada por uma nova geração de engenheiros de software, cujo trabalho era programar uma série de instruções no sistema.

Visto que era em essência um processador de computador num chip, o novo dispositivo foi chamado de *microprocessador*. Em novembro de 1971, a Intel apresentou o produto, o Intel 4004, ao público. A empresa pôs anúncios em revistas de negócios apregoando "uma nova era de eletrônica integrada — um computador

microprogramável num chip!”. Estabeleceu-se o preço de duzentos dólares, e começaram a chover, aos milhares, encomendas e pedidos do manual. Noyce estava participando de uma feira de computadores em Las Vegas no dia do anúncio, e ficou impressionado ao ver os potenciais consumidores que se aglomeravam no estande da Intel.

Noyce tornou-se o apóstolo do microprocessador. Numa reunião em San Francisco ele recebeu sua família estendida em 1972, levantou-se no ônibus que alugara e balançou sobre a própria cabeça um *wafer*, a fina fatia de material semicondutor no qual se constroem microcircuitos. “Isto vai mudar o mundo”, disse-lhes. “Isto vai revolucionar seus lares. Todos vocês vão ter computadores em suas próprias casas e terão acesso a todo tipo de informação.” Seus parentes fizeram circular o *wafer* pelo ônibus como um objeto de veneração. “Vocês não vão precisar mais de dinheiro”, previu ele. “Tudo vai acontecer de forma eletrônica.”[54]

Ele estava exagerando, mas só um pouco. Os microprocessadores começaram a entrar como componentes de semáforos inteligentes e freios de carros, máquinas de café e geladeiras, elevadores e aparelhos médicos, e milhares de outros equipamentos. Mas o maior sucesso do microprocessador era possibilitar a existência de computadores menores, sobretudo computadores *pessoais* (PCs), que as pessoas podiam ter em suas mesas de trabalho e em casa. E se a lei de Moore continuasse válida (como de fato continuou), uma indústria de PCs iria se desenvolver paralelamente a uma indústria de microprocessadores.

Foi o que aconteceu na década de 1970. O microprocessador deu origem a centenas de outras novas empresas que produziam hardware e software para PCs. A Intel desenvolveu não apenas os chips de ponta; ela criou também a cultura que inspirou empresas cuja fundação dependia de capital de risco para transformar a economia e extirpar os pomares de damasco do vale Santa Clara, a extensão de sessenta quilômetros de terra plana do sul de San Francisco, passando por Palo Alto até San Jose.

A principal via do vale, uma rodovia movimentada chamada El Camino Real, fora outrora a estrada real que ligava 21 igrejas missionárias na Califórnia. Em princípios da década de 1970 — graças à Hewlett-Packard, ao Stanford Industrial Park, de Fred Terman, a William Shockley, à Fairchild e seus Fairchildren —, ela interligou um corredor de empresas de tecnologia. Em 1971, toda a região ganhou uma nova denominação. Don Hoefler, colunista da publicação semanal *Eletronic News*, começou a escrever uma coluna intitulada “Vale do Silício, EUA”, e o nome pegou.[55]

Dan Edwards e Peter Samson jogando *Spacewar* no MIT, 1962.

Nolan Bushnell (1943-).

---

[a] Apenas pessoas vivas podem ser escolhidas para receber o Nobel.

b O instrumento que ele usou foram debêntures conversíveis, que eram empréstimos que podiam ser convertidos em ações ordinárias se a empresa fosse bem-sucedida, mas eram sem valor (no final da linha de crédito) se ela não vingasse.
c Edward "Ned" Johnson III, então gestor do Fidelity Magellan Fund. Em 2013, Rock ainda tinha essas duas folhas, junto com a mais antiga com a lista de nomes da busca pelo investidor do que se tornaria a Fairchild, dobradas em um arquivo em seu escritório com vista para a baía de San Francisco.
d Após se casar com Noyce ela teve de sair da Intel, e foi para a recém-fundada Apple Computer, onde se tornou a primeira diretora de recursos humanos de Steve Jobs e também uma influência maternal tranquilizadora para ele.

6. Videogames

A evolução dos microchips e dos microprocessadores levou a aparelhos que, como previra a Lei de Moore, iam ficando menores e mais potentes a cada ano. Mas havia outro impulso que atuaria na revolução do computador e, por fim, na demanda por computadores pessoais: a opinião de que essas máquinas não serviam apenas para processar números. Elas podiam também proporcionar diversão.

Duas culturas contribuíram para a ideia de que os computadores eram objetos com os quais se podia interagir e brincar. Havia os hackers renitentes que acreditavam no "imperativo proativo" e que gostavam de traquinadas, truques e programação engenhosos, brinquedos e jogos.[1] E havia os empreendedores rebeldes, ansiosos para entrar na indústria de jogos de diversão, que era dominada por grupos de distribuidores de pinball, prontos para uma reviravolta digital. Assim nasceu o videogame, que se revelou não apenas um divertido fenômeno secundário, mas parte intrínseca da linhagem que levou ao atual computador pessoal. Ele ajudou também a difundir a ideia de que os computadores deviam interagir com as pessoas em tempo real, ter interfaces intuitivas e apresentar displays graficamente agradáveis.

STEVE RUSSELL E SPACEWAR

A subcultura hacker, assim como o seminal videogame *Spacewar*, surgiu do Tech Model Railroad Club [Clube de Ferromodelismo Tecnológico] do MIT, uma associação de estudantes *geeky* — aficionados de tecnologia, jogos eletrônicos, quadrinhos etc. —, fundada em 1946, que se reuniam no interior de um edifício onde o radar fora desenvolvido. Seu bunker era quase todo atulhado por um ferrorama com dezenas de trilhos, chaves, troles, luzes e cidadezinhas, todos compulsivamente feitos com muito apuro e rigor histórico. A maioria de seus membros era obcecada por fabricar peças perfeitas para apresentá-las no layout. Mas havia um subgrupo do clube que estava mais interessado no que se encontrava sob o extenso tabuleiro. Os membros do "Signals and Power Subcommittee" ocupavam-se sobretudo dos relés, fios, circuitos e chaves de travessão, que eram conectados na parte de baixo do tabuleiro para fornecer uma complexa hierarquia de controladores para os numerosos trens. Eles viam beleza nesse emaranhado. Em *Hackers*, que se inicia com uma vivaz descrição do clube, Steven Levy escreveu:

> Havia nítidas linhas regulares de chaves e fileiras tremendamente complicadas de aborrecidos relés de bronze, um estapafúrdio emaranhado de fios vermelhos, azuis e amarelos — embaraçando-se e revoluteando como uma explosão de cabelos de Einstein com as cores do arco-íris.[2]

Os membros do Signals and Power Subcommittee adotaram o termo "hacker" com orgulho. Ele conotava virtuosismo técnico e espírito lúdico, não (como em uso mais recente) invasões ilegais na rede mundial. As complicadas diabruras tramadas pelos alunos do MIT — pôr uma vaca viva no telhado de um dormitório ou uma vaca de plástico no Grande Domo do edifício principal, ou fazer com que um enorme balão se erguesse do meio do campo durante o jogo Harvard-Yale — eram conhecidas como *hacks*. "Nós, do TMRC, usávamos o termo *hacker* apenas no sentido original, alguém que se vale de engenhosidade para criar um resultado inteligente, chamado *hack*", declarava o clube. "A essência de um 'hacker' é que ele é feito com rapidez e costuma perturbar um pouco a ordem."[3]

Alguns dos primeiros hackers se deixaram imbuir da aspiração de criar máquinas capazes de pensar. Muitos eram alunos do Laboratório de Inteligência Artificial do MIT, fundado em 1959 por dois professores que se tornaram lendas: John McCarthy, um sujeito parecido com Papai Noel que cunhou o termo "inteligência artificial", e Marvin Minsky, que era tão inteligente que parecia constituir uma refutação de sua própria convicção de que computadores algum dia iriam superar a inteligência humana. A doutrina que predominava no laboratório era que, fornecendo-lhes capacidade suficiente de processamento, as máquinas poderiam

mimetizar redes neurais como as do cérebro humano e se tornar capazes de interagir de forma inteligente com seus usuários. Minsky, um homem endiabrado com olhos cintilantes, construíra uma máquina capaz de aprender destinada a modelar o cérebro, que ele chamou de SNARC (Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator [Calculadora Neural-Análoga Estocástica de Reforço]), insinuando que a coisa era séria, mas podia também conter um pouco de troça. Ele tinha uma teoria de que a inteligência podia ser um produto da interação de componentes não inteligentes, como pequenos computadores conectados por redes gigantes.

Um momento seminal para os hackers do Tech Model Railroad Club se deu em setembro de 1961, quando a Digital Equipment Corporation (DEC) doou o protótipo de seu computador PDP-1 ao MIT. Do tamanho aproximado de três geladeiras, o PDP-1 foi o primeiro computador projetado para interação direta com o usuário. Ele podia ser conectado a um teclado e a um monitor que mostrava gráficos e podia ser operado com facilidade por uma única pessoa. Como mariposas em volta de uma chama, um punhado de hackers de primeira linha começou a rodear esse novo computador e armou uma trama para fazer algo divertido com ele. Muitas das discussões tiveram lugar em um apartamento bagunçado na Hingham Street, em Cambridge, de modo que os membros da conspiração se intitularam Hingham Institute. O nome pomposo era irônico. Seu objetivo não era conceber alguma grande utilidade para o PDP-1, mas bolar alguma coisa engenhosa e engraçada.

Hackers anteriores já tinham criado alguns jogos rudimentares para os primeiros computadores. Um deles, no MIT, tinha um ponto na tela que representava um camundongo tentando atravessar um labirinto para encontrar um pedaço de queijo (ou, em versões posteriores, um martíni); outro, no Laboratório Nacional Brookhaven, em Long Island, usava um osciloscópio num computador analógico para simular uma partida de tênis. Mas os membros do Hingham Institute sabiam que com o PDP-1 eles tinham a possibilidade de criar o primeiro verdadeiro videogame de computador.

* * *

O melhor programador do grupo era Steve Russell, que estava ajudando o professor McCarthy a criar a linguagem LISP, destinada a facilitar a pesquisa da inteligência artificial. Russell era um *geek* consumado, cheio de paixões e obsessões intelectuais que iam de trens a vapor a máquinas capazes de pensar. Baixo e agitado, tinha óculos de lentes grossas e cabelos encaracolados. Quando falava, dava a impressão de que alguém lhe tinha apertado o botão de acelerar. Embora fosse intenso e cheio de energia, tendia a adiar as coisas, o que lhe valeu o apelido de "Lesma".

Como a maioria dos seus amigos hackers, Russell era grande fã de filmes ruins e ficção científica barata. Seu autor predileto era E. E. "Doc" Smith, um engenheiro

de alimentos fracassado (expert em branquear farinha de trigo, ele inventava misturas de rosquinhas) que se especializara no subgênero de ficção científica *trashy*, conhecido como novela espacial. Ela apresentava aventuras melodramáticas cheias de batalhas contra o mal, viagens interestelares e romances banais. Doc Smith "escrevia com a graça e o refinamento de uma furadeira pneumática", segundo Martin Graetz, membro do Tech Model Railroad Club e do Instituto Hingham, recordando a criação de *Spacewar*. Graetz lembrou-se de uma típica história de Doc Smith:

> Depois de algumas confusões preliminares para acertar os nomes de todo mundo, um punhado de Hardy Boys superdesenvolvidos partiram pelo universo para atacar a última gangue de desordeiros da galáxia, explodir alguns planetas, matar todo tipo de formas de vida desagradáveis e se divertir um bocado. Em uma situação difícil, em que muitas vezes eles se encontravam, podia-se dizer que nossos heróis desenvolveriam uma teoria científica completa, inventariam a tecnologia para aperfeiçoá-la, produziriam as armas para explodir os maus, enquanto eram perseguidos em sua espaçonave aqui e ali através dos despojos da galáxia.*

Perturbados com sua paixão por tais novelas espaciais, não é de surpreender que Russell, Graetz e seus amigos tenham resolvido conceber um jogo de guerra espacial para o PDP-1. "Eu acabara de ler a série *Lensman*, de Doc Smith", lembrou Russell. "Seus heróis tinham uma forte tendência a ser perseguidos galáxia afora pelo vilão e precisavam inventar uma saída para seu problema enquanto sofriam a perseguição. Foi esse tipo de ação que sugeriu *Spacewar*."[4] Orgulhosamente nerds, eles se reorganizaram, formando o Hingham Institute Group on Space Warfare, e Russell Lesma se pôs a escrever o regulamento.[5]

Só que ele, fiel ao seu apelido, não o fez. Ele sabia qual seria o ponto de partida de seu jogo. O professor Minsky se deparou com um algoritmo que traçava um círculo no PDP-1 e conseguiu modificá-lo de modo que a tela mostrava três pontos que interagiam uns com os outros, criando pequenos e belos desenhos. Minsky chamou seu *hack* de Tri-Pos, mas seus alunos o apelidaram de "o Minskytron". Essa foi uma boa base para a criação de um jogo em que apareciam espaçonaves e mísseis que interagiam. Russell passou semanas hipnotizado pelo Minskytron e desenvolvendo sua capacidade de criar desenhos. Mas ele embatucou quando teve de escrever as operações de seno-cosseno que determinariam o movimento de suas espaçonaves.

Quando Russell explicou esse problema, um colega de clube chamado Alan Kotok soube como resolvê-lo. Ele rumou para a periferia de Boston, onde ficava o quartel-general da DEC, que produziu o PDP-1, e conheceu um simpático

engenheiro que conhecia os processos necessários para fazer os cálculos. Kotok disse a Russell: "Agora qual é sua desculpa?". Russell admitiu: "Olhei em volta e não encontrei desculpa alguma, por isso tive de bolar alguma coisa".[6]

Ao longo das férias do Natal de 1961, Russell trabalhou duro e em algumas semanas concebeu um método para manobrar os pontos na tela usando as chaves do painel de controle para fazê-los acelerar, diminuir a velocidade e mudar de direção. Então ele transformou os pontos em duas figuras de espaçonaves, uma delas volumosa e arqueada como um charuto, a outra fina e reta como um lápis. Outro processo permitia que cada espaçonave lançasse um ponto do nariz, imitando um míssil. Quando a posição do ponto do míssil coincidia com a da espaçonave, esta "explodia" em pontos que rodopiavam ao acaso. Em fevereiro de 1962, os elementos essenciais tinham sido completados.

Àquela altura, o *Spacewar* tornou-se um projeto aberto. Russell colocou a fita de seu programa na caixa que continha outros programas do PDP-1, e seus amigos começaram a aperfeiçoar o jogo. Um deles, Dan Edwards, achou que seria interessante introduzir a força de gravidade, então programou um grande sol que atraía as naves. Se o jogador não ficasse atento, o sol poderia atrair a nave e destruí-la, mas os jogadores habilidosos aprenderam a aproximar-se do astro e usar sua atração gravitacional para ganhar impulso e rodeá-lo a velocidades mais altas.

Outro amigo, Peter Samson, "achou que minhas estrelas eram erráticas e não realistas", lembrou-se Russell.[7] Na opinião de Samson, o jogo precisava da "coisa certa", querendo dizer constelações corretas em termos astronômicos, em vez de pontos confusos. Então ele criou uma programação suplementar que chamou de "Planetário Caro". Valendo-se de informações do *American Ephemeris and Nautical Almanac*, codificou um processo que mostrava todas as estrelas do céu noturno até a quinta magnitude. Especificando quantas vezes um ponto no display disparava, ele conseguiu até representar o brilho relativo de cada estrela. Enquanto as espaçonaves deslocavam-se em velocidade, as constelações iam ficando para trás.

Essa colaboração aberta deu origem a muitas outras colaborações mais inteligentes. Martin Graetz apresentou o que chamou de "o botão de pânico a ser usado em última instância", que era a capacidade de sair de uma dificuldade girando uma chave e desaparecendo por algum tempo em outra dimensão de hiperespaço. "A ideia era que, quando tudo o mais falhasse, a gente podia se lançar na quarta dimensão e desaparecer", explicou. Ele lera sobre algo parecido, chamado "tubo hiperespacial", num dos romances de Doc Smith. Não obstante, havia algumas limitações: num jogo, você só podia se lançar no hiperespaço três vezes; seu desaparecimento dava certo descanso ao adversário; e você nunca sabia onde sua nave iria reaparecer. Ela poderia ir parar no sol ou dar de cara com seu adversário. "Era algo que você podia usar, mas não que fosse desejável fazê-lo", explicou Russell. Graetz acrescentou uma

homenagem ao professor Minsky: uma nave desaparecendo no hiperespaço deixava em sua esteira um dos padrões da assinatura do Minskytron.[8]

Uma última contribuição veio de dois dinâmicos membros do Tech Model Railroad Club, Alan Kotok e Bob Sanders. Eles perceberam que jogadores aglomerados na frente de um console PDP-1 acotovelando-se e manuseando freneticamente as chaves do computador era uma coisa ao mesmo tempo desconfortável e perigosa. Então vasculharam a parte de baixo do aparelho da sala do clube, pegaram alguns pinos e relés, e colocaram-nos dentro de duas caixas de plástico para fazerem controles remotos completos, com todas as funções necessárias de comutação e botão de pânico de hiperespaço.

O jogo logo se espalhou para outros centros de computação e se tornou o marco principal da cultura hacker. A DEC começou a incorporar o jogo em seus computadores, e programadores criaram novas versões para outros sistemas. Hackers de todo o mundo acrescentaram novas características, como capacidade de ocultar-se, minas espaciais explosivas e formas de mudar para uma perspectiva de primeira pessoa, do ponto de vista de um dos pilotos. Como disse Alan Kay, um dos pioneiros do computador pessoal: "O jogo *Spacewar* floresce de maneira espontânea onde quer que exista um display gráfico conectado a um computador".[9]

O *Spacewar* destacou três aspectos da cultura hacker que se tornaram típicos da era digital. Primeiro, ele foi criado coletivamente, na base da colaboração. "Fomos capazes de criar juntos, trabalhando como uma equipe, que era como gostávamos de fazer as coisas", contou Russell. Segundo, era um software livre e aberto. "As pessoas pediam cópias do código-fonte, e, naturalmente, nós lhes fornecíamos. *Naturalmente* — isso se dava numa época e lugar em que se pretendia que o software fosse livre. Terceiro, baseava-se na crença de que os computadores deviam ser pessoais e interativos. "Ele permitia que manipulássemos o computador e o fizéssemos responder em tempo real", disse Russell.[10]

NOLAN BUSHNELL E O ATARI

Como muitos estudantes de computação da década de 1960, Nolan Bushnell era fã do *Spacewar*. "O jogo era fundamental para quem gostava de computadores, e para mim ele foi algo transformador", lembrou. "Para mim, Steve Russell era como um deus." O que diferenciava Bushnell de outros aficionados por computadores que se esbaldavam manobrando imagens numa tela era que ele também era fascinado por parques de diversões. Ele trabalhava em um para ajudar a pagar a faculdade. Além disso, tinha o temperamento impetuoso de um empreendedor, apreciando a mescla de busca de emoções e de gosto por correr riscos. Foi assim que Nolan Bushnell se tornou um daqueles inovadores que transformaram uma invenção numa indústria.[11]

Quando Bushnell tinha quinze anos de idade, seu pai morreu. Ele trabalhara

como fornecedor para construções numa área residencial próspera nas cercanias de Salt Lake City e deixou para trás muitos trabalhos inacabados pelos quais não fora pago. O jovem Bushnell, já crescido e impetuoso, os concluiu, o que aumentou sua fanfarronice natural. “Quando você faz algo desse tipo aos quinze anos, começa a achar que é capaz de fazer qualquer coisa”, disse.[12] Não é, pois, de surpreender que ele tenha se tornado um jogador de pôquer, e sua boa sorte fez com que perdesse, obrigando-o a aceitar um emprego de meio período no Lagoon Amusement Park, enquanto estudava na Universidade de Utah. “Aprendi os vários truques para fazer as pessoas apostarem seu dinheiro, e isso com certeza me ajudou bastante.”[13] Ele logo foi promovido para trabalhar na área de pinball e fliperama, onde animados e sedutores jogos como *Speedway*, fabricado pela Chicago Coin Machine Manufacturing Company, eram a nova febre.

Também teve sorte ao cair na Universidade de Utah. A instituição tinha o melhor programa gráfico de computadores do país, sob a direção dos professores Ivan Sutherland e David Evans, e se tornou um dos quatro principais elementos da Arpanet, precursora da internet. (Entre outros alunos estavam Jim Clark, que fundou a Netscape; John Warnock, cocriador da Adobe; Ed Catmull, cofundador da Pixar; e Alan Kay, sobre o qual falaremos mais adiante.) A universidade tinha um PDP-1, com um jogo *Spacewar*, e Bushnell combinou seu gosto pelo jogo com sua compreensão da economia dos fliperamas. “Percebi que poderia recolher um montão de moedas de 25 centavos a cada dia se conseguisse colocar um computador num fliperama”, disse ele.

> Então fiz um cálculo e percebi que mesmo que uma grande quantidade de moedas de 25 centavos entrasse todo dia, nunca atingiria a soma do milhão de dólares do custo de um computador. Você considera quantas moedas de 25 centavos resultam em 1 milhão de dólares e desiste.[14]

E foi o que ele fez, na ocasião.

Quando se graduou, em 1968 (“o último de sua turma”, ele sempre se gabava), Bushnell foi trabalhar para a Ampex, que fabricava equipamentos de gravação. Ele e um colega de lá, Ted Dabney, continuaram a desenvolver planos para transformar um computador num videogame de fliperama. Eles estudaram maneiras de adaptar o Data General Nova, um minicomputador de 4 mil dólares do tamanho de uma geladeira, lançado em 1969. Contudo, não obstante fizessem malabarismos com os números, ele não era nem barato nem tinha a potência necessária.

Em suas tentativas de usar o Nova com suporte do *Spacewar*, Bushnell buscou elementos do jogo, como o background de estrelas, que podiam ser gerados pelos circuitos de hardware, e não pela capacidade de processamento do computador. “Então tive uma grande epifania”, lembrou ele. “Por que não fazer tudo isso com base

em hardware?" Em outras palavras, ele poderia projetar circuitos para cumprir cada uma das tarefas destinadas ao programa. Isso tornava o projeto mais barato. E significava também que o jogo teria de ser muito mais simples. Então Bushnell transformou o *Spacewar* num jogo que tinha apenas uma espaçonave controlada por um usuário, que lutava contra dois simples discos voadores gerados pelo hardware. Eliminaram-se também a gravidade do sol e o botão de pânico para desaparecer no hiperespaço. Mesmo assim, o jogo continuava muito divertido e podia ser produzido a um custo razoável.

Bushnell vendeu a ideia a Bill Nutting, que fundara uma empresa para fabricar um jogo de fliperama chamado *Computer Quiz*. Aproveitando esse nome, batizaram o jogo de Bushnell de *Computer Space*. Ambos tiveram tanto sucesso que Bushnell saiu da Ampex em 1971 para integrar a Nutting Associates.

Quando eles estavam trabalhando nos primeiros consoles do *Computer Space*, Bushnell ouviu dizer que tinha um concorrente. Um aluno formado em Stanford chamado Bill Pitts e seu colega Hugh Tuck, da California Polytechnic, tinham se viciado no *Spacewar* e resolveram usar um minicomputador PDP-11 para transformá-lo num jogo de fliperama. Quando Bushnell ouviu isso, convidou Pitts e Tuck para lhe fazer uma visita. Eles ficaram impressionados com os sacrifícios — na verdade, sacrilégios — que Bushnell estava perpetrando para despojar o *Spacewar* a fim de baratear sua produção. "A versão de Nolan era uma versão totalmente degradada", afirmou Pitts, enfurecido.[15] De sua parte, Bushnell mostrou seu desprezo pelo plano deles de gastar 20 mil dólares em equipamentos, inclusive um PDP-11, que ficaria em outra sala e conectado ao console com metros de cabos, e então cobrar dez centavos por um jogo. "Surpreendi-me com o fato de eles se mostrarem tão ignorantes de como funcionam os negócios", disse. "Surpreso e aliviado. Logo que vi o que estavam fazendo, me dei conta de que não eram meus concorrentes."

O *Galaxy Game* de Pitts e Tuck foi lançado na cafeteria da associação de estudantes Tresidder, de Stanford, no outono de 1971. Os alunos se aglomeravam em volta todas as noites como fiéis diante de um santuário. Não obstante, independentemente de quantos deles juntavam seus trocados para jogar, não havia possibilidade de a máquina se pagar, e o empreendimento terminou por fracassar. "Hugh e eu éramos ambos engenheiros e não ligávamos muito para o aspecto comercial do empreendimento", admitiu Pitts.[16] A inovação pode surgir do talento da engenharia, mas deve se combinar com a habilidade comercial para produzir uma revolução.

Bushnell conseguiu produzir seu jogo, *Computer Space*, ao custo de apenas mil dólares. Ele foi lançado poucas semanas depois do *Galaxy Game*, no bar Dutch Goose, em Menlo Park, próximo a Palo Alto, e conseguiu vender o respeitável número de 1500 unidades. Bushnell era um empreendedor nato: inventivo, engenheiro competente e conhecedor de negócios e da demanda dos consumidores. Além disso, era um grande homem de vendas. Um repórter lembrou-se de tê-lo conduzido a uma

exposição comercial: "Quando se tratava de descrever um novo jogo, Bushnell era a pessoa mais entusiasmada que conheci com mais de seis anos de idade".[17]

O *Computer Space* se tornou menos popular em cervejarias do que em locais de encontro de estudantes, por isso não tinha tanto sucesso quanto a maioria dos jogos pinball. Mas ele conquistou uma legião de cultores. Mais importante, deu origem a uma indústria. Os jogos de fliperama, antes domínio das empresas de pinball sediadas em Chicago, logo seriam transformados por engenheiros instalados no Vale do Silício.

Não tendo se deixado deslumbrar por sua experiência com a Nutting Associates, Bushnell decidiu criar sua própria empresa para a fabricação de seu próximo videogame. "Trabalhar para a Nutting foi uma grande experiência de aprendizado, porque descobri que não podia fazer nada pior do que eles faziam", lembrou.[18] Ele resolveu batizar a nova companhia de Syzygy, nome que mal se consegue pronunciar e que designa a situação em que três corpos celestes se encontram alinhados. Por sorte, esse nome não estava disponível porque uma comunidade fabricante de velas hippie já o tinha registrado. Então Bushnell resolveu chamar a nova empresa de Atari, adotando um termo do jogo de tabuleiro japonês Go.

PONG

No dia em que a Atari foi criada oficialmente, 27 de junho de 1972, Nolan Bushnell contratou seu primeiro engenheiro. Al Alcorn era um grande jogador de futebol da escola de um turbulento bairro de San Francisco que estudava como consertar aparelhos de TV através de um curso por correspondência da RCA. Em Berkeley, ele participou de um programa que lhe permitia trabalhar em regime de meio período, o que o levou à Ampex, onde trabalhou sob a supervisão de Bushnell. Terminou o curso na mesma época em que Bushnell estava fundando a Atari.

Muitas das parcerias decisivas da era digital combinavam pessoas com diferentes habilidades e personalidades, como John Mauchly e Presper Eckert, John Bardeen e Walter Brattain, Steve Jobs e Steve Wozniak. Mas às vezes as parcerias funcionavam porque as personalidades e o entusiasmo eram semelhantes, como foi o caso de Bushnell e Alcorn. Ambos eram robustos, divertidos e irreverentes. "Al é uma das pessoas de que mais gosto no mundo", afirmou Bushnell mais de quarenta anos depois. "Ele era o perfeito engenheiro e engraçado, de modo que, ao trabalhar com videogames, estava em seu elemento."[19]

Na época, Bushnell tinha um contrato para criar um novo videogame para a firma Bally Midway, de Chicago. O plano era criar um jogo de corrida de automóveis, que parecia ser mais atraente que a navegação espacial, destinado a amantes de cerveja em bares frequentados por operários. Mas antes de passar a tarefa para Alcorn, Bushnell resolveu lhe dar um exercício de aquecimento.

Numa exposição comercial, Bushnell tinha examinado o Magnavox Odyssey,

um console primitivo para jogar em aparelhos de TV domésticos. Uma das coisas que estavam sendo disponibilizadas era uma versão do jogo de pingue-pongue. "Pensei que fosse algo de má qualidade", contou Bushnell anos mais tarde, depois de ter sido processado por roubar a ideia. "Ele não tinha som nem escore, e as bolas eram quadradas. Mas notei que algumas pessoas estavam se divertindo com o jogo." Quando voltou ao pequeno escritório alugado em Santa Clara, ele descreveu o jogo para Alcorn, esboçou alguns circuitos e pediu-lhe que fizesse uma versão para fliperama. Bushnell disse a Alcorn que assinara um contrato com a GE para criar o jogo, o que não era verdade. Como muitos empreendedores, ele não tinha vergonha de distorcer a realidade para motivar as pessoas. "Achei que seria um grande programa de treinamento para Al."[20]

Em algumas semanas, Alcorn já tinha um protótipo montado, e terminou de fabricá-lo em setembro de 1972. Com seu humor infantil, ele concebeu aperfeiçoamentos que transformaram o monótono bater e rebater da bola entre raquetes em algo divertido. As linhas que criou tinham oito áreas, de forma que quando a bola batia bem no centro de uma raquete, ela quicava de volta em linha reta, mas se batesse em áreas periféricas da raquete, deslocava-se formando ângulos. Isso fez com que o jogo ficasse mais desafiador e tático. Ele criou também um painel com o escore. E num simples golpe de gênio, acrescentou o som exato do sincronismo de geradores para suavizar a experiência. Usando um aparelho de televisão em preto e branco Hitachi de 75 dólares, Alcorn acomodou os componentes dentro de um armário de madeira de pouco mais de um metro de altura. Como o *Computer Space*, o jogo não usava um microprocessador nem um código de computador; tudo era feito em hardware, com o tipo de projeto lógico digital usado pelos engenheiros de televisão. Então ele acrescentou uma caixinha de moedas tirada de uma velha máquina de pinball, e assim nasceu uma estrela.[21] Bushnell deu-lhe o nome de *Pong*.

Umas das características mais notáveis do *Pong* era sua simplicidade. O *Computer Space* requeria instruções complexas; havia muitas orientações em sua tela de abertura (entre elas, por exemplo, "Não existe gravidade no espaço; a velocidade do foguete só pode ser mudada pelo impulso do motor") para confundir um engenheiro de computação. O *Pong*, ao contrário, era simples o suficiente para que um sujeito com a cara cheia de cerveja ou um estudante do segundo ano da faculdade, drogado, conseguissem entendê-lo depois da meia-noite. Havia apenas uma instrução: "Para conseguir um bom escore, evite perder bolas". De forma consciente ou não, o Atari superara um dos mais importantes desafios da engenharia da era da computação: criar interfaces radicalmente simples e intuitivas para o usuário.

Bushnell ficou tão satisfeito com a criação de Alcorn que decidiu que ela seria mais que um exercício de treinamento: "Minha mente mudou no minuto em que me diverti a valer, quando nos pegamos jogando durante uma hora ou duas, todas as noites, depois do trabalho".[22] Ele pegou um avião para Chicago para convencer Bally Midway a aceitar o *Pong* como o cumprimento de seu contrato, em vez de

desenvolver um jogo de corrida de carros. Mas a empresa recusou a proposta. Ela estava cansada de jogos que requeriam dois jogadores.

Esse rompimento se revelou positivo. Para testar o *Pong*, Bushnell e Alcorn instalaram o protótipo no Andy Capp's, uma cervejaria na cidade operária de Sunnyvale que tinha cascas de amendoim pelo chão e caras jogando pinball nos fundos. Um dia depois, Alcorn recebeu um telefonema do gerente do bar, reclamando que a máquina tinha parado de funcionar. Era preciso que ele fosse consertá-la logo, porque ela estava fazendo o maior sucesso. Então Alcorn apressou-se em ir até lá para tentar fazer o conserto. Logo que ele abriu a máquina, descobriu o problema: a caixa de moedas estava tão cheia de moedas de 25 centavos que não podia funcionar. O dinheiro se esparramou no chão.[23]

Bushnell e Alcorn concluíram que tinham nas mãos um grande sucesso. Uma máquina média ganhava dez dólares por dia; a do *Pong* estava ganhando quarenta. De repente a decisão de Bally de recusar o jogo lhes pareceu uma bênção. O verdadeiro empreendedor que havia em Bushnell veio à tona: ele decidiu que a própria Atari iria fabricar o jogo, ainda que não dispusesse de financiamento nem de equipamento.

Ele aceitou o desafio de tocar para a frente toda a operação; iria investir o máximo possível o dinheiro que ganhara com as vendas. Conferiu seu saldo bancário, dividiu-o por 280 dólares, que era o custo de cada máquina, e concluiu que, para começar, poderia fabricar treze. "Mas como esse era um número que dava azar", lembrou ele, "resolvemos fabricar doze."[24]

Bushnell fez um pequeno modelo de argila do console que desejava e o levou a um fabricante de barcos, que começou a fabricá-lo em fibra de vidro. Foi necessária uma semana para produzir cada jogo completo e mais alguns dias para vendê-los por novecentos dólares cada; assim, com o lucro de 620 dólares, ele ficou com um fluxo de caixa que lhe permitia continuar a produção. Uma parte dos primeiros faturamentos foi gasta em folhetos de divulgação, que apresentavam uma bela jovem numa camisola colante transparente, cobrindo a máquina de jogos com o braço. "Nós a contratamos do bar em frente, cujas garçonetes trabalhavam com os seios à mostra", contou Bushnell, quarenta anos depois, para um público de sérios estudantes de faculdade, que pareceram um tanto desconcertados com a história e sem saber ao certo a que tipo de bar ele se referia.[25]

O capital de risco, que acabara de entrar no Vale do Silício com Arthur Rock financiando a Intel, não estava ao alcance de uma empresa que se propunha a produzir videogames, que ainda não eram um produto conhecido e estavam associados ao crime organizado.** Os bancos também se mostraram refratários quando Bushnell os procurou para pedir um empréstimo. Apenas o Wells Fargo aceitou ajudar, abrindo uma linha de crédito de 50 mil dólares, soma muito menor do que a que Bushnell pedira.

Com o dinheiro, Bushnell conseguiu abrir uma fábrica num rinque de patinação abandonado a alguns quarteirões do escritório da Atari de Santa Clara. Os jogos *Pong*

eram produzidos não numa linha de montagem, mas no chão, com jovens operários deslocando-se para ajustar os vários componentes. Os trabalhadores eram recrutados em centros de atendimento a desempregados que ficavam nas proximidades. Depois que Bushnell descartou os contratados que eram viciados em heroína ou que roubavam monitores de televisão, a operação logo se acelerou. A princípio eles fabricavam dez unidades por dia, mas ao cabo de dois meses conseguiam produzir quase cem. As finanças também melhoraram; o custo de cada jogo ficou pouco acima de trezentos dólares, mas o preço de venda subiu para 1200 dólares.

O clima era o que se poderia esperar dos animados e divertidos Bushnell e Alcorn, ambos ainda na casa dos vinte anos, e ele levou ao estágio seguinte o estilo informal dos empreendimentos pioneiros do Vale do Silício. Toda sexta-feira havia uma cervejada e rodadas de maconha, sobretudo se as metas financeiras da semana tivessem sido alcançadas. "Descobrimos que nossos funcionários reagiam tão bem às festas por terem atingido as metas como se tivessem recebido um bônus", contou Bushnell.

Bushnell comprou uma bela casa nas colinas próximas a Los Gatos, onde às vezes realizava reuniões com sua equipe ou promovia festas com os funcionários em seu ofurô. Quando ele construiu uma nova unidade de engenharia, determinou que ela teria sua própria piscina aquecida. "Era um instrumento de aliciamento", insistiu. "Descobrimos que nosso estilo de vida e nossas festas eram excelentes para atrair novos operários. Se estivéssemos pretendendo contratar alguém, nós o convidávamos para participar de uma delas."[26]

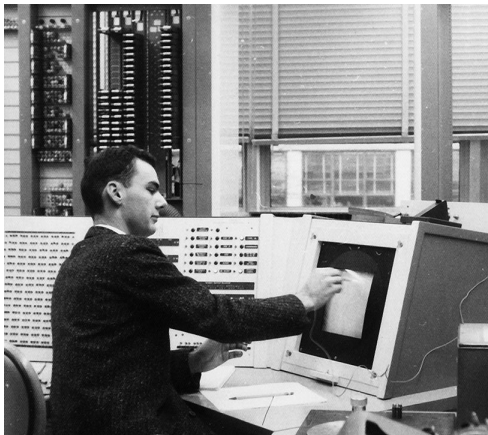
Além de constituir um meio de aliciamento, a cultura da Atari era um desenvolvimento natural da personalidade de Bushnell. Mas não se tratava de algo simplesmente prazeroso. Baseava-se numa filosofia que derivava do movimento hippie e que ajudaria a definir o Vale do Silício. Em seu cerne, havia determinados princípios: a autoridade podia ser questionada, as hierarquias deveriam ser cerceadas, o não conformismo seria objeto de admiração e a criatividade devia ser estimulada. Ao contrário do que acontecia nas empresas da Costa Leste, não havia horários fixos de trabalho nem uniformes, tanto para o local de trabalho como para o ofurô. "Na época da IBM a gente tinha de usar uma camisa branca, calça escura e gravata preta com o crachá afixado no ombro ou algo assim", contou o engenheiro Steve Bristow. "Na Atari, importava mais o trabalho que se fazia do que a aparência de quem o realizava."[27]

O sucesso do *Pong* resultou num processo movido pela Magnavox, que pusera à venda o jogo de TV doméstica *Odyssey*, que Bushnell jogara numa exposição comercial. O jogo *Magnavox* fora concebido por um engenheiro de fora chamado Ralph Baer. Ele não podia alegar ter criado o conceito; suas origens remontavam a 1958, quando William Higinbotham, do Laboratório Nacional Bookhaven, improvisou

um osciloscópio num computador analógico para ricochetear uma bola para um lado e para o outro no que ele chamava de Tênis para Dois. Baer, porém, era um daqueles inovadores, como Edison, que acreditavam que registrar patentes era um elemento-chave para o processo de invenção. Ele tinha mais de setenta patentes, inclusive das várias características de seus jogos. Em vez de enfrentar o processo, Bushnell apresentou uma proposta inteligente, vantajosa para as duas empresas. Ele pagaria um valor relativamente baixo, 700 mil dólares, pelos direitos permanentes de produzir o jogo, com a condição de que a Magnavox exigisse seus direitos sobre patentes e uma percentagem, por conta de royalty, de outras empresas, inclusive seus ex-sócios Bally Midway e Nutting Associates, que queriam produzir jogos similares. Isso ajudou a Atari a se colocar numa posição vantajosa na concorrência.

A inovação exige que se tenha pelo menos três coisas: uma grande ideia, o talento, em termos de engenharia, para executá-la, e o tino comercial (mais a ousadia para fechar acordos) para transformá-la num produto de sucesso. Nolan Bushnell marcou três pontos consecutivos, aos 29 anos de idade, razão pela qual foi ele, e não Bill Pitts, Hugh Tuck, Bill Nutting ou Ralph Baer, que se tornou o inovador que lançou a indústria de videogames. "Tenho orgulho da forma como conseguimos viabilizar o *Pong*, do ponto de vista da engenharia, mas ainda mais orgulho pela forma como concebi e desenvolvi o negócio", disse ele. "Viabilizar o jogo, em termos técnicos, foi fácil. Fazer a companhia crescer sem dinheiro é que foi difícil."[28]

J. C. R. Licklider (1915-90).

Bob Taylor (1932-).

Larry Roberts (1937-).

---

* Uma amostra da prosa de Doc Smith, de seu romance *Triplanetary* (1948): "A nave de Nerado estava pronta para qualquer emergência. E, ao contrário de sua nave-irmã, era manejada por cientistas versados na teoria fundamental das armas com as quais lutavam. Raios, pistolas e lanças de energia flamejavam e tremeluziam; aviões e feixes luminosos retalhavam, golpeavam e perfuravam; telas defensivas brilhavam em prontidão ou piscavam numa intensa incandescência. A opacidade vermelha travava uma violenta luta contra as cortinas violetas da aniquilação. Projéteis e torpedos controlados por luz eram atirados, apenas para serem destruídos no ar, reduzidos ao nada ou para desaparecerem inocuamente contra as impenetráveis telas policíclicas".
** Três anos mais tarde, em 1975, quando a Atari decidiu construir uma versão caseira do *Pong*, a indústria do capital de risco tinha pegado fogo, e Bushnell conseguiu captar 20 milhões de dólares em fundos de Don Valentine, que acabara de fundar a Sequoia Capital. A Atari e a Sequoia ajudaram no lançamento uma da outra.

7. A internet

O TRIÂNGULO DE VANNEVAR BUSH

As inovações sempre trazem a marca das organizações que as criaram. No caso da internet, a coisa se deu de maneira especialmente interessante, pois foi desenvolvida por uma parceria de três grupos: Forças Armadas, universidades e empresas privadas. O que tornou o processo ainda mais fascinante foi o fato de não se tratar meramente de um consórcio meio vago, com cada grupo visando seus próprios objetivos. Ao contrário: durante e depois da Segunda Guerra Mundial, os três grupos tinham se fundido num triângulo: o complexo industrial-militar-acadêmico.

O principal responsável pela criação desse consórcio foi Vannevar Bush, o professor do MIT que, em 1931, criou o Analisador Diferencial, o primeiro computador analógico, descrito no capítulo 2.[1] Bush se adequava à perfeição a essa tarefa, pois era uma estrela nos três campos: diretor da escola de engenharia do MIT, fundador da empresa de eletrônicos Raytheon e principal administrador científico militar durante a Segunda Guerra Mundial. "Nenhum americano teve influência maior do que Vannevar Bush no desenvolvimento da ciência e da tecnologia", diria mais tarde o presidente do MIT Jerome Wiesner, acrescentando que "a inovação mais

importante foi a ideia de, em vez de construir grandes laboratórios do governo, fecharam-se contratos com universidades e laboratórios industriais".[2]

Bush nasceu próximo a Boston em 1890, filho de um ministro universalista que começara sua carreira como cozinheiro numa pequena embarcação. Os dois avós de Bush eram capitães de baleeiras, o que instilou nele um jeito picante e direto que ajudou a torná-lo um gerente resoluto e um administrador carismático. Como muitos líderes de sucesso, ele era especialista em desenvolver produtos e tomar decisões claras. "Todos os meus ancestrais mais recentes eram capitães do mar e tinham uma forma de conduzir as coisas sem se deixar perturbar por nenhuma dúvida", disse ele certa vez. "Isso me trouxe uma tendência a assumir o comando quando estivesse numa empreitada."[3]

Também como muitos líderes na área de tecnologia, ele cresceu gostando tanto de humanidades quanto de ciências. Era capaz de citar Kipling e Omar Khayyam abundantemente, tocava flauta, gostava de sinfonias e lia obras de filosofia por prazer. Sua família tinha uma oficina no porão, onde ele construía pequenos barcos e brinquedos mecânicos. Como a *Time* contou mais tarde, em seu inimitável estilo antigo: "Magro, perseverante, trocista, Van Bush era um ianque cujo amor pela ciência começou, como acontece com muitos meninos americanos, com a paixão por consertar e inventar *gadgets*".[4]

Ele foi para Universidade Tufts, onde, em seu tempo livre, construiu uma máquina de agrimensura que usava duas rodas de bicicleta e um pêndulo para traçar o perímetro de uma área e calcular seu tamanho, que vinha a ser um aparelho analógico para fazer cálculo integral. Ele registrou sua patente, que seria a primeira de um total de 49 que iria acumular. Quando estava na Tufts, ele e seus companheiros de quarto procuraram se informar sobre uma série de pequenas empresas e então, depois de formados, fundaram a Raytheon, que se tornou uma florescente firma fornecedora de equipamentos militares e de produtos eletrônicos.

Bush se doutorou em engenharia elétrica pelo MIT e por Harvard, depois tornou-se professor e diretor de engenharia do MIT, onde construiu seu Analisador Diferencial. Sua paixão era aumentar o papel da ciência e da engenharia numa época, meados da década de 1930, em que parecia não estar acontecendo nada de interessante em nenhum dos dois campos. Os aparelhos de televisão ainda não eram um produto de consumo, e as mais notáveis das novas invenções colocadas na cápsula do tempo na Feira Mundial de Nova York de 1939 foram um relógio de pulso Mickey Mouse e a Lâmina de Segurança Gillette. A eclosão da Segunda Guerra Mundial iria mudar esse panorama, produzindo uma explosão de novas tecnologias, tendo à frente Vannevar Bush.

Preocupado com o fato de que as Forças Armadas americanas estavam atrasadas em termos de tecnologia, ele mobilizou o reitor da Harvard, James Bryant Conant, e outros líderes na área da ciência para convencer o presidente Franklin Roosevelt a criar o Comitê Nacional de Pesquisa na Área de Defesa, depois o Departamento de

Pesquisa Científica e Desenvolvimento, e ambos ficaram sob sua direção. Com um eterno cachimbo na boca e uma caneta na mão, ele supervisionou o Projeto Manhattan para construir a bomba atômica, além dos projetos para desenvolver sistemas de radar e de defesa aérea. A *Time* apelidou-o de "General da Física" em sua capa em 1944. "Se estivéssemos atentos à tecnologia bélica dez anos atrás", a revista o citou, dizendo que ele bateu o punho na mesa, "talvez não tivéssemos essa guerra desgraçada."[5]

Com seu estilo objetivo temperado por um entusiasmo pessoal, ele era um líder duro, mas amável. Certa vez, um grupo de cientistas das Forças Armadas, frustrados com algum problema burocrático, foram ao seu escritório pedir demissão. Bush não conseguiu entender qual era a confusão. "Então", lembrou ele, "limitei-me a lhes dizer: 'Ninguém se demite em tempo de guerra. Sumam daqui e voltem ao trabalho, que eu vou investigar o problema'."[6] Eles obedeceram. Como Wiesner, do MIT, observou mais tarde, "ele era um homem de opiniões muito fortes, que expressava e aplicava com vigor, embora se mantivesse reverente diante dos mistérios da natureza, tivesse uma calorosa tolerância para com as fraquezas humanas e a mente aberta para a mudança".[7]

Quando a guerra acabou, Bush escreveu um relatório em julho de 1945, a pedido de Roosevelt (que terminou sendo entregue ao presidente Harry Truman), em que propunha que o governo financiasse a pesquisa básica, em parceria com universidades e indústria. Bush elegeu um slogan essencialmente americano, "Ciência, a Fronteira Infinita". Sua introdução merece se relida sempre que políticos ameaçam suprimir o financiamento da pesquisa destinada a inovações futuras. "A pesquisa básica leva ao novo conhecimento", escreveu Bush. "Ela produz capital científico. Ela cria a base a partir da qual as aplicações práticas do conhecimento devem se desenvolver."[8]

A descrição de Bush de como a pesquisa básica fornece as bases para invenções práticas ficou conhecida como "modelo linear de inovação". Embora vagas subsequentes de historiadores científicos tentassem desqualificar o modelo linear ignorando a interação entre a pesquisa teórica a as aplicações práticas, ele gozava da simpatia popular e continha uma verdade fundamental. A guerra, escreveu Bush, tornou claro que, "para além de qualquer dúvida", a ciência básica — descobrindo os fundamentos da física nuclear, lasers, ciência da computação, radar — "é absolutamente essencial para a segurança nacional". Ele acrescentou também que ela era crucial para a segurança econômica nacional.

> Novos produtos e novos processos não aparecem de repente. Eles se baseiam em novos princípios científicos básicos, e novas concepções, que, por sua vez, resultam de trabalhos penosos desenvolvidos pela pesquisa pura no campo da ciência. Uma nação que precisa de outras para novos conhecimentos científicos básicos será morosa em seu progresso industrial e fraca, em termos

competitivos, no comércio mundial.

No final de seu relatório, Bush alcançou alturas poéticas, exaltando os ganhos práticos da pesquisa científica básica.

> Avanços científicos, quando aplicados na prática, significam salários mais altos, mais empregos, mais colheitas abundantes, mais tempo para o lazer, para o estudo, para aprender a viver sem o trabalho penoso que constituiu o fardo do homem comum das épocas passadas.[9]

Com base nesse relatório, o Congresso criou a Fundação Nacional de Ciência. A princípio Truman vetou a lei, porque ela estabelecia que o diretor seria indicado por uma junta independente, e não pelo presidente. Mas Bush fez com que Truman mudasse de ideia explicando que isso evitaria que ele tivesse de se defrontar com aqueles que quisessem vantagens políticas. "Van, você devia ser político", disse-lhe Truman. "Você tem algumas das intuições necessárias." Bush respondeu: "Senhor presidente, o que acha que andei fazendo nesta cidade durante cinco ou seis anos?".[10]

A criação de uma relação triangular entre o governo, a indústria e a academia foi, a seu próprio modo, uma das inovações significativas que contribuíram para produzir a revolução tecnológica do final do século XX. O Departamento de Defesa e a Fundação Nacional de Ciência logo se tornaram os principais financiadores de grande parte da pesquisa básica dos Estados Unidos, despendendo recursos tanto quanto a indústria privada ao longo da década de 1950 até a de 1980.* O retorno desse investimento foi enorme, resultando não apenas na internet, mas em muitos pilares da inovação americana no pós-guerra, e também no boom econômico.[11]

Alguns centros de pesquisa corporativa, em especial os Laboratórios Bell, existiam antes da guerra. Mas depois que o veemente chamado de Bush levou ao incentivo do governo e a contratos, começaram a proliferar centros de pesquisa híbridos. Entre os mais notáveis estavam a RAND Corporation, originalmente criada para realizar pesquisas e promover o desenvolvimento da Força Aérea; o Instituto de Pesquisa de Stanford e sua subdivisão, o Augmentation Research Center; e o Xerox PARC. Todos teriam um papel no desenvolvimento da internet.

Dois dos mais importantes desses institutos surgiram em torno de Cambridge, Massachusetts, logo depois da guerra: o Laboratório Lincoln, um centro de pesquisa financiado pelas Forças Armadas afiliado ao MIT, e a Bolt, Beranek and Newman, uma empresa de pesquisa e desenvolvimento fundada e operada por engenheiros do MIT (e alguns de Harvard). Estreitamente associado a ambos estava um professor do MIT com uma fala arrastada do Missouri e grande talento para organizar equipes. Ele se tornaria o único destaque individual no lançamento da internet.

J. C. R. LICKLIDER

Na busca pelos pais da internet, a melhor pessoa pela qual começar é um lacônico, embora estranhamente encantador, psicólogo e tecnólogo, com um amplo sorriso no rosto e uma expressão cética, chamado Joseph Carl Robnett Licklider, nascido em 1915 e conhecido por todos como "Lick". Ele foi o pioneiro intelectual dos dois mais importantes conceitos subjacentes à internet: redes descentralizadas capazes de facilitar a difusão de informação de e para qualquer parte, e interfaces que iriam possibilitar a interação homem-máquina em tempo real. Além disso, foi o diretor fundador do departamento militar que financiou a Arpanet, e voltou para uma segunda tarefa mais tarde, quando se criaram protocolos para incorporá-los ao que se tornou a internet. Disse um de seus parceiros e protegidos, Bob Taylor: "Na verdade ele foi o pai de tudo".[12]

O pai de Licklider era um rapaz pobre que trabalhava numa fazenda e que se tornou um vendedor de seguros bem-sucedido em St. Louis; depois, quando a Depressão provocou seu fracasso, ele se fez ministro batista numa cidadezinha rural. Em sua qualidade de filho único e adorado, Lick transformou seu quarto numa fábrica de aeromodelos; ele recuperava carros velhos tendo ao lado sua mãe, que lhe passava as ferramentas. Não obstante, sentia-se sufocado por crescer numa área rural isolada, cheia de cercas de arame farpado.

Ele fugiu primeiro para a Universidade Washington em St. Louis e, depois de obter um doutorado em psicoacústica (como percebemos os sons), ingressou no laboratório de psicoacústica de Harvard. Cada vez mais interessado nas relações entre psicologia e tecnologia, em como cérebros humanos e máquinas interagiam, transferiu-se para o MIT para criar uma seção de psicologia instalada no Departamento de Engenharia Elétrica.

No MIT, Licklider integrou-se no eclético círculo de engenheiros, psicólogos e humanistas reunidos em torno do professor Norbert Wiener, um teórico que estudava como seres humanos e máquinas trabalhavam juntos e cunhou o termo "cibernética", que descrevia como qualquer sistema, desde um cérebro a um mecanismo de mira de artilharia, aprendia por meio de comunicações, controle e conexões de feedback. "Havia uma tremenda efervescência intelectual em Cambridge depois da Segunda Guerra Mundial", lembrou Licklider. "Wiener dirigia um círculo semanal de quarenta ou cinquenta pessoas. Elas se reuniam e conversavam por algumas horas. Eu era um indefectível adepto desse círculo."[13]

Ao contrário de seus colegas do MIT, Wiener acreditava que o caminho mais promissor para a ciência da computação era conceber máquinas capazes de trabalhar bem com mentes humanas, complementando-as, em vez de pretender substituí-las. "Muita gente acha que as máquinas de computação são substitutos da inteligência e eliminaram a necessidade de pensamento original", escreveu Wiener. "Este não é o

caso."[14] Quanto mais potente é o computador, maior o ganho que se terá conectando-o ao pensamento humano imaginativo, criativo e de alto nível. Licklider se tornou adepto dessa visão, que mais tarde chamaria de "simbiose homem-computador".

Licklider tinha um senso de humor ferino, mas ao mesmo tempo amistoso. Ele adorava assistir aos filmes dos Três Patetas e era puerilmente apaixonado por gags visuais. Às vezes, quando um colega estava prestes a fazer uma apresentação de slides, Licklider enfiava a foto de uma mulher bonita entre os cromos do projetor. No trabalho, ele se munia de energia pegando uma boa quantidade de Coca-Colas e doces vendidos em máquinas, e oferecia barras de chocolate Hershey aos seus filhos e alunos toda vez que eles lhe agradavam. Ele também gostava de seus alunos, a quem convidava para jantares em sua casa no bairro de Arlington, em Boston. "Para ele, a colaboração era a chave de tudo", disse seu filho Tracy. "Ele saía por aí criando grupos de pessoas e estimulando-as a serem curiosas e resolver problemas." Foi por isso que passou a se interessar por redes. "Ele sabia que obter boas respostas requeria colaboração à distância. Adorava descobrir pessoas talentosas e reuni-las numa equipe."[15]

Sua simpatia, porém, não se estendia a pessoas pretensiosas ou pomposas (com exceção de Wiener). Quando achava que alguém estava falando bobagem, ele se levantava e fazia perguntas que pareciam ingênuas, mas que na verdade eram maliciosas. Depois de certo tempo, a pessoa percebia ter sido reduzida à própria mediocridade, e Licklider se sentava. "Ele não gostava nem de gente afetada nem de embusteiros", lembrou Tracy. "Nunca se mostrava maldoso, mas pouco a pouco desqualificava as pretensões injustificadas das pessoas."

Uma das paixões de Licklider era a arte. Sempre que viajava, passava horas em museus, às vezes arrastando consigo seus filhos relutantes. "Ele ficava louco com aquilo, nunca achava que já vira o bastante", contou Tracy. Às vezes passava cinco horas ou mais num museu, maravilhando-se com cada pincelada, analisando como cada pintura se compunha e procurando sondar o que ela ensinava sobre criatividade. Tinha instinto para descobrir talento em todos os campos, tanto em artes como em ciências, mas achava que era mais fácil discerni-los em suas formas mais puras, como a pincelada de um pintor ou o refrão melódico de um compositor. Dizia procurar as mesmas pinceladas artísticas nos designs de computador ou engenheiros de redes.

> Ele se tornou um verdadeiro e habilidoso observador de criatividade. Muitas vezes discutia o que tornava as pessoas criativas. Achava que era mais fácil identificar isso num artista, por essa razão se empenhava ainda mais para fazê-lo na área de engenharia, onde não é possível ver as pinceladas de forma tão imediata.[16]

Mais importante, Licklider era afável. Quando trabalhava no Pentágono, já na

última fase de sua carreira, segundo seu biógrafo Mitchell Waldrop, observou a faxineira admirando as gravuras em sua parede tarde da noite. Ela lhe disse: "Sabe, dr. Licklider, eu sempre saio de sua sala tarde porque gosto de ter um tempo para mim mesma, sem sofrer nenhuma pressão, para olhar os quadros". Ele perguntou qual deles ela mais apreciava, e ela apontou para um Cézanne. Ele ficou comovido, pois aquele era seu favorito, e no mesmo instante o ofereceu a ela.[17]

Licklider sentia que seu gosto pela arte o tornava mais intuitivo. Ele era capaz de processar um amplo leque de informações e perceber padrões. Outro atributo, que lhe seria muito proveitoso na organização da equipe que lançou os fundamentos da internet, era seu gosto por partilhar ideias sem aspirar a receber o crédito por elas. Seu ego era tão dócil que ele preferia ceder a exigir o crédito por ideias desenvolvidas em conversas. "Apesar de toda a sua influência na área da computação, Lick mantinha-se modesto", disse Bob Taylor. "Seu divertimento preferido era rir de si mesmo."[18]

COMPARTILHAMENTO DO TEMPO E SIMBIOSE HOMEM-COMPUTADOR

No MIT, Licklider colaborava com o pioneiro da inteligência artificial John McCarthy, em cujo laboratório os hackers do Tech Model Railroad Club inventaram o *Spacewar*. Com McCarthy à frente, eles ajudaram a desenvolver, ao longo da década de 1950, sistemas de comutação de tempo partilhado.

Até então, quando se queria que um computador executasse alguma tarefa, eram necessários muitos cartões perfurados ou entregar uma fita aos operadores do computador, como quem entregasse uma oferenda aos sacerdotes que protegiam um oráculo. Isso era conhecido como "processamento por lote" e era uma coisa aborrecida. Podia-se esperar horas ou dias para obter os resultados; qualquer erro mínimo implicava recolocar os cartões perfurados para novo processamento e não se podia tocar e nem mesmo ver o computador propriamente dito.

O tempo compartilhado era diferente. Permitia que toda uma série de terminais fosse conectada ao mesmo mainframe, de forma que muitos usuários podiam teclar comandos diretamente e obter uma resposta quase no mesmo instante. Como um grande mestre do xadrez jogando dezenas de partidas simultâneas, o centro da memória atenderia a todos os usuários, e seu sistema operacional seria capaz de executar múltiplas tarefas e rodar muitos programas. Isso permitia ao usuário uma experiência fascinante: ele tinha contato direto, e em tempo real, com um computador, como numa conversa. "Tínhamos uma espécie de pequena religião florescendo por aqui quanto a como isso iria ser totalmente diferente do processo por lote", disse Licklider.[19]

Tratava-se de um passo crucial para uma parceria direta homem-computador ou simbiose. "A invenção da computação *interativa* através do tempo compartilhado foi

ainda mais importante do que a invenção do próprio computador", segundo Bob Taylor. "O processamento por lote era como trocar cartas com uma pessoa, ao passo que a computação interativa era como conversar com ela."[20]

A importância da computação interativa ficou evidente no Laboratório Lincoln, o centro de pesquisas das Forças Armadas que Licklider ajudou a fundar no MIT em 1951. Ali ele montou uma equipe de profissionais, metade dos quais psicólogos, metade engenheiros, para descobrir maneiras de as pessoas poderem interagir de forma mais intuitiva com computadores, e a informação poder ser apresentada com uma interface mais amigável.

Uma das missões do Laboratório Lincoln era desenvolver computadores para o sistema de defesa aérea, capazes de anunciar a iminência de um ataque inimigo e de coordenar uma reação. Ele era conhecido como SAGE (Semi-Automatic Ground Environment [Ambiente Terrestre Semiautomático]), e custou mais caro e empregou mais gente do que o Projeto Manhattan, que produziu a bomba atômica. Para que funcionasse, o sistema SAGE precisava permitir que seus usuários tivessem interação imediata com seus computadores. Quando um míssil ou bombardeiro inimigo se aproximasse, não haveria tempo para cálculos baseados no processamento por lote.

O sistema SAGE compreendia 23 centros de rastreamento em todo o país, conectados por linhas telefônicas de longa distância. Era capaz de divulgar informações, ao mesmo tempo, para até quatrocentos aviões deslocando-se a grande velocidade. Isso exigia computadores de grande capacidade de interação, redes capazes de transmitir grandes quantidades de informações e displays que pudessem apresentar a informação numa forma gráfica fácil de entender.

Dado o seu background em psicologia, Licklider foi chamado para ajudar a conceber as interfaces homem-máquina (o que os usuários viam na tela). Ele formulou uma série de teorias sobre formas de promover a simbiose, uma parceria bem próxima, que permitiria que pessoas e máquinas colaborassem na resolução de problemas. De importância especial era a concepção de formas para comunicar visualmente situações em processo de mudança. Ele explicou:

> Queríamos formas de manter na tela a situação do espaço por segundos sucessivos, e bolar rastreadores, e não pulsos sonoros, e colorir o produto do rastreamento de maneira que se pudesse ver qual era a informação recente e dizer em que direção a coisa estava indo.[21]

O destino do país talvez dependesse da capacidade de um habilidoso manejador de um console acessar dados de maneira correta e responder instantaneamente.

Computadores interativos, interfaces intuitivas e redes de alta velocidade mostravam que pessoas e máquinas podiam atuar em colaboração, e Licklider

imaginou formas de como isso podia se dar não apenas para sistemas de defesa aérea. Ele começou a falar sobre o que chamava de "um verdadeiro sistema SAGE", que colocaria em rede não apenas centros de defesa aérea, mas também "centros pensantes" que incorporassem vastas bibliotecas de conhecimentos, com as quais as pessoas poderiam interagir amigavelmente com os consoles de displays — em outras palavras, o mundo digital de que dispomos hoje.

Essas ideias constituíram a base de um dos artigos científicos mais influentes da história da tecnologia do pós-guerra, intitulado "Man-Computer Symbiosis" [Simbiose homem-computador], que Licklider publicou em 1960. "A esperança é que, dentro de não muitos anos, cérebros humanos e computadores haverão de estar conjugados de forma bem próxima", ele escreveu, "e que a parceria daí resultante irá pensar como nenhum cérebro humano jamais pensou e processar dados de um modo muito distante da forma com que o fazem as máquinas de processamento de informações de que dispomos hoje." Essa frase merece ser relida, porque se tornou um dos conceitos cruciais da era dos computadores em rede. O artigo, disse Licklider mais tarde, "era, em larga medida, sobre ideias de como conseguir fazer um computador e uma pessoa pensarem juntos, partilhando, dividindo o trabalho".22

Licklider alinhava-se com Norbert Wiener, cuja teoria da cibernética se baseava em homens e máquinas trabalhando juntos, de forma bem próxima, e não com seus colegas de MIT Marvin Minsky e John McCarthy, cuja busca por inteligência artificial implicava criar máquinas que pudessem aprender sozinhas e reproduzir a cognição humana. Como explicou Licklider, o objetivo que se pretendia era criar um ambiente nos quais homens e máquinas "cooperassem na tomada de decisões". Em outras palavras, eles iriam se potencializar mutuamente.

> O homem irá estabelecer os objetivos, formular as hipóteses, determinar os critérios e proceder às avaliações. Os computadores farão o trabalho passível de ser submetido a uma rotina necessária para preparar o caminho para insights e decisões no pensamento técnico e científico.

A REDE DE COMPUTAÇÃO INTERGALÁCTICA

À medida que combinava seus interesses em psicologia e engenharia, Licklider concentrava-se cada vez mais em computadores. Isso fez com que ele, em 1957, fosse trabalhar na firma recém-criada de Bolt, Beranek e Newman (BBN), uma empresa comercial-acadêmica estabelecida em Cambridge onde muitos de seus amigos trabalhavam. Como nos Laboratórios Bell na época em que o transístor estava sendo inventado, a BBN reuniu uma estimulante equipe mista de talentos, em que havia teóricos, engenheiros, técnicos, cientistas da computação, psicólogos e um coronel do

Exército não muito assíduo.[23]

Uma das tarefas de Licklider na BBN era dirigir uma equipe encarregada de imaginar como computadores podiam transformar bibliotecas. Ele ditou seu relatório final "Libraries of the Future" [Bibliotecas do futuro] no curso de cinco horas, sentado junto à piscina numa conferência em Las Vegas.[24] O relatório explorava o potencial "de aparelhos e técnicas para interação homem-computador on-line", um conceito que prenunciava a internet. Ele previu a acumulação de uma enorme base de dados de informação que era tratada e triada de forma a "não se tornar por demais difusa, esmagadora ou pouco confiável".

Numa animada passagem do artigo, Licklider apresentou uma situação fictícia em que ele fazia perguntas à máquina. Ele imaginou a atividade dela: "No fim de semana, recuperou 10 mil documentos, escaneou todas as suas seções ricas em material relevante, analisou todas as seções com asserções sobre cálculo de ordem superior e introduziu as afirmações na base de dados". Licklider percebeu que a abordagem descrita por ele terminaria por ser substituída. "Com certeza, uma abordagem mais sofisticada será viável antes de 1994", escreveu, fazendo previsões com três décadas de antecedência.[25] Elas foram notavelmente precisas. Em 1994 os primeiros instrumentos de busca em textos, WebCrawler e Lycos, foram desenvolvidos para a internet, logo seguidos por Excite, Infoseek, AltaVista e Google.

Licklider também previu algo contraintuitivo, mas que até agora veio a ser uma agradável realidade: a informação digital não iria substituir por completo o texto impresso. "Como meio de apresentar informação, a página impressa é excelente", escreveu ele.

> Ela oferece resolução suficiente para atender à necessidade do olho. Apresenta informação suficiente para ocupar o leitor por um espaço de tempo conveniente. Oferece grande flexibilidade em termos de fonte e formato. Deixa ao leitor a decisão sobre a forma e o ritmo de análise. É pequena, leve, portátil, móvel, passível de ser cortada, colada, reproduzida, além de ser bastante acessível e barata.[26]

Em outubro de 1962, quando ainda estava trabalhando em seu projeto de bibliotecas do futuro, Licklider foi chamado a Washington para dirigir uma nova divisão que lidava com processamento de informação na Agência de Projetos de Pesquisa Avançada do Departamento de Defesa, então conhecida como Arpa (Advanced Research Projects Agency).** Sediada no Pentágono, ela tinha autoridade para financiar pesquisa básica em universidades e institutos corporativos, tornando-se, desse modo, uma das formas pelas quais o governo implementava a visão de

Vannevar Bush. Tinha também uma causa mais imediata. Em 4 de outubro de 1957, os russos lançaram o *Sputnik*, o primeiro satélite construído pelo homem. A relação que Bush fizera entre ciência e defesa agora estava cintilando no céu todas as noites. Quando os americanos forçavam a vista para vê-lo, podiam ver também que Bush tinha razão: a nação que financiava a ciência mais avançada podia também produzir os melhores foguetes e satélites. Seguiu-se uma saudável onda de pânico público.

O presidente Eisenhower gostava de cientistas. A cultura deles e seu modo de pensar, sua capacidade para serem não ideológicos e racionais o impressionavam bem. "O amor à liberdade significa buscar todas as fontes que a tornem possível — da santidade de nossas famílias e a riqueza de nosso solo ao gênio de nossos cientistas", declarou ele em seu primeiro discurso dirigido à nação. Ele oferecia jantares para cientistas na Casa Branca, da mesma forma como os Kennedy viriam a fazer para artistas, e se cercava de muitos deles na qualidade de consultores.

O *Sputnik* deu a Eisenhower a oportunidade de formalizar esse envolvimento. Menos de duas semanas depois que o satélite foi lançado, ele reuniu quinze cientistas consultores de alta categoria que tinham trabalhado no Departamento de Mobilização pela Defesa e lhes perguntou, como lembrou seu auxiliar Sherman Adams, "em que posição se encontrava a pesquisa científica na estrutura do governo federal".[27] Então teve uma conversa no café da manhã com James Killian, presidente do MIT, e nomeou-o seu consultor em tempo integral para a área de ciência.[28] Junto com o secretário de Defesa, Killian desenvolveu um plano, anunciado em janeiro de 1958, para criar a Agência de Projetos de Pesquisa Avançada no Pentágono. Como o historiador Fred Turner escreveu: "A Arpa constituiu uma extensão da colaboração Forças Armadas-universidade, visando à defesa, que começou na Segunda Guerra Mundial".[29]

A área da Arpa que Licklider foi encarregado de chefiar era chamada de Pesquisa de Comando e Controle. Sua missão era estudar como computadores interativos podiam ajudar a facilitar o fluxo de informações. Estava surgindo outra missão: conduzir um grupo ao estudo de fatores psicológicos na tomada de decisões nas Forças Armadas. Licklider afirmou que esses dois grupos deviam trabalhar juntos. "Comecei a me mostrar mais veemente em minha opinião de que os problemas de comando e controle eram o que chamávamos essencialmente de problemas de interação homem-computador", afirmou mais tarde.[30] Ele concordou em aceitar ambas as incumbências e rebatizou seu grupo combinado de Departamento de Técnicas de Processamento de Informações da Arpa (Informational Processing Techniques Office — IPTO).

Licklider tinha várias ideias excitantes e paixões, sobretudo formas de estimular o compartilhamento de tempo, interatividade em tempo real e interfaces capazes de incrementar a simbiose homem-máquina. Tudo isso ligado num conceito simples: uma rede. Com seu excêntrico senso de humor, ele passou a se referir a sua visão com a frase "intencionalmente grandiloquente" "A Rede de Computadores

Intergaláctica".[31] Num memorando de abril de 1963, endereçado a "membros e afiliados" dessa sonhada rede, Licklider expôs seus objetivos:

> Considerar a situação em que vários centros diferentes estejam ligados em rede [...]. Não é desejável, nem mesmo necessário, que todos os centros concordem em usar a mesma linguagem, ou, pelo menos, quanto a algumas convenções para fazer perguntas do tipo "Que língua você fala?".[32]

BOB TAYLOR E LARRY ROBERTS

Ao contrário de muitos outros parceiros que deram impulso à era digital, Bob Taylor e Larry Roberts nunca foram amigos, nem antes nem depois da época em trabalharam juntos no IPTO. Na verdade, nos últimos anos eles iriam depreciar de maneira mordaz as contribuições um do outro. "Larry afirma que a rede foi concepção sua, o que é totalmente falso", queixou-se Taylor em 2014. "Não acreditem no que ele diz. Lamento por ele."[33] Robert, por sua vez, afirma que Taylor está irritado porque ele goza de grande mérito: "Não sei que outro mérito ele tem além de o de ter me contratado. Essa foi a única coisa importante que ele fez".[34]

Mas durante os quatro anos em que trabalharam juntos na Arpa, na década de 1960, Taylor e Roberts se complementaram muito bem. Taylor não era um cientista brilhante, nem ao menos tinha doutorado. Mas era uma personalidade afável e persuasiva e tinha a capacidade de atrair talentos. Roberts, ao contrário, era um engenheiro dinâmico, com modos bruscos que beiravam a grosseria, que costumava medir com um cronômetro o tempo que levava em trajetos alternativos entre os departamentos da extensa área do Pentágono e desenvolveu técnicas para avaliar a velocidade. Ele não cativava seus colegas, mas sempre lhes inspirava admiração. E seus modos bruscos e diretos faziam dele um gerente competente, embora não muito querido. Taylor lisonjeava as pessoas, ao passo que Roberts as impressionava com seu intelecto.

Bob Taylor nasceu em 1932 num abrigo para mães solteiras em Dallas, foi posto num trem, enviado para um orfanato em San Antonio e adotado, com 28 dias de vida, por um ministro metodista itinerante e sua esposa. A família se mudava a cada dois anos para púlpitos em cidadezinhas como Uvalde, Ozona, Victoria, San Antonio e Mercedes.[35] A forma como foi criado, disse ele, deixou duas marcas em sua personalidade. Como Steve Jobs, Taylor também foi adotado. Seus pais costumavam enfatizar que ele fora "escolhido de forma especial". Ele brincava: "Todos os outros pais tinham de se satisfazer com o que lhes vinha, mas eu fui escolhido. Isso com

certeza me deu um despropositado sentimento de confiança". Ele também tinha que aprender o tempo todo, a cada mudança da família, a criar novos relacionamentos, aprender uma nova maneira de falar e garantir seu lugar na ordem social de uma cidadezinha. "A cada vez você tem de formar um novo círculo de amizades e interagir com uma nova série de preconceitos."[36]

Taylor estudou psicologia experimental na Universidade Metodista Meridional, serviu na Marinha e obteve bacharelado e mestrado na Universidade do Texas. Enquanto escrevia seu artigo sobre psicoacústica, tinha de dar entrada em seus dados em cartões perfurados para processamento por lote no sistema de computação da instituição. "Eu tinha de ficar carregando pilhas de cartões que levavam dias para serem processados, e eles diziam que eu tinha posto uma vírgula errada no cartão 653, ou algo do tipo, e eu precisava recomeçar tudo de novo", contou. "Isso me enfurecia." Taylor imaginou que devia haver uma forma melhor de fazer o trabalho quando leu o artigo de Licklider sobre máquinas interativas e simbiose homem-computador, que lhe propiciou um momento de insight. "Sim, assim é que deve ser!", lembrou-se de ter pensado.[37]

Depois de ter lecionado numa espécie de curso pré-vestibular e de trabalhar para um fornecedor de material bélico na Flórida, Taylor conseguiu emprego no quartel-general da Nasa, em Washington D. C., como supervisor de displays de simulação de voo. Licklider, àquela altura, estava à frente do IPTO da Arpa, onde deu início a uma série de reuniões com outros pesquisadores a serviço do governo que faziam o mesmo tipo de trabalho. Quando Taylor se apresentou, em fins de 1962, Licklider o surpreendeu ao demonstrar que conhecia o artigo sobre psicoacústica que ele escrevera na Universidade do Texas. (O orientador de Taylor era amigo de Licklider.) "Senti-me profundamente lisonjeado", lembrou ele, "e desde então me tornei admirador e um bom e verdadeiro amigo de Lick."

Taylor e Licklider às vezes viajavam juntos para participar de conferências, aprofundando, assim, sua amizade. Numa viagem para a Grécia em 1963, Licklider levou Taylor a um dos museus de Atenas e demonstrou sua técnica para estudar pinceladas ao examinar uma pintura. Tarde da noite, numa taberna, Taylor foi convidado a sentar-se junto com a banda e ensinar seus componentes a tocar as músicas de Hank Williams.[38]

Ao contrário de alguns engenheiros, tanto Licklider como Taylor entendiam o lado humano das coisas; eles haviam estudado psicologia, tinham facilidade de se relacionar e se deleitavam com a apreciação da arte e da música. Embora Taylor pudesse se mostrar turbulento, e Licklider tendesse mais a se mostrar afável, ambos gostavam de trabalhar com outras pessoas, fazer amizade com elas e estimular seus talentos. O gosto pela interação humana e pela avaliação de como ela funcionava os tornou muito aptos a conceber as interfaces entre homens e máquinas.

Quando Licklider saiu do IPTO, seu imediato, Ivan Sutherland, assumiu o cargo em caráter temporário. Então, por insistência de Licklider, Taylor saiu da Nasa para se

tornar assistente de Sutherland. Taylor estava entre os poucos que percebiam que a tecnologia da informação podia ser mais emocionante que o programa espacial. Depois que Sutherland se demitiu em 1966 para se tornar professor titular em Harvard, Taylor não era o candidato de consenso para substituí-lo, visto que não tinha doutorado e não era cientista de computação, mas terminou por ocupar o cargo.

Três coisas no IPTO incomodaram Taylor. Primeiro, todos que trabalhavam nas universidades e nos centros de pesquisa que tinham contrato com a Arpa queriam os computadores de última geração e mais desenvolvidos. Isso era dispendioso e desnecessário. Devia haver um computador que fizesse gráficos em Salt Lake City e outro que garimpasse dados em Stanford, mas um pesquisador que quisesse realizar ambas as tarefas tinha de se deslocar de um lugar para outro de avião ou então pedir ao IPTO que financiasse outro computador. Por que eles não podiam ser conectados por uma rede que lhes permitisse partilhar o computador um do outro? Segundo, em suas viagens para conversar com jovens pesquisadores, Taylor descobriu que os que se encontravam em determinado lugar estavam muito interessados em se informar sobre as pesquisas que eram feitas em outros lugares. Ele compreendeu que faria sentido conectá-los eletronicamente, para que pudessem se comunicar com mais facilidade. Em terceiro lugar, Taylor ficou surpreso com o fato de que havia três terminais em seu escritório no Pentágono, cada um com suas próprias senhas e comandos, conectados a diferentes centros de computação financiados pela Arpa. "Bem, isso é uma tolice", pensou ele. "Eu deveria poder acessar qualquer um desses sistemas de um único terminal." A necessidade de três terminais, disse, "levou a uma epifania".[39] Esses três problemas podiam ser resolvidos criando-se uma rede de dados para conectar centros de pesquisa, isto é, se ele pudesse implementar o sonho de Licklider de uma Rede de Computadores Intergaláctica.

Taylor palmilhou o espaço circular do Pentágono para conversar com seu chefe, Charles Herzfeld, diretor da Arpa. Com seu sotaque do Texas, soube conquistar Herzfeld, um intelectual vienense refugiado. Ele não levou consigo apresentações nem memorandos; em vez disso, lançou-se num discurso ardoroso. Uma rede financiada e determinada pela Arpa poderia permitir aos centros de pesquisa partilhar recursos computacionais, colaborar em projetos, além de possibilitar que Taylor suprimisse dois dos terminais de seu escritório.

"Grande ideia", disse Herzfeld. "Pode implementá-la. De quanto você vai precisar?"

Taylor calculou que talvez precisasse de 1 milhão de dólares só para organizar o projeto.

"Pois está à sua disposição", disse Herzfeld.

Quando voltava para seu escritório, Taylor consultou seu relógio de pulso. "Meu Deus", murmurou consigo mesmo. "Bastaram vinte minutos."[40]

Essa era uma história que Taylor contou muitas vezes em entrevistas e em conversas. Herzfeld gostava dela, mas mais tarde sentiu-se na obrigação de confessar

que a coisa fora um tanto distorcida. "Ele omite o fato de que eu já vinha discutindo o problema com ele e com Licklider havia três anos", revelou Herzfeld. "Não foi difícil conseguir o milhão de dólares porque eu estava de certo modo querendo que ele o solicitasse."[41] Taylor admitiu que foi isso mesmo e acrescentou, em seu característico tom condescendente: "O que realmente me agradou foi o fato de que Charlie tirou o dinheiro de fundos que seriam empregados no desenvolvimento de um sistema de mísseis defensivos, o que eu achava ser a ideia mais idiota e mais perigosa possível".[42]

Taylor agora precisava de alguém para tocar o projeto, e foi assim que Larry Roberts entrou na história. Ele era uma escolha óbvia.

Roberts parecia ter nascido e sido criado para fundar a internet. Tanto seu pai como sua mãe tinham doutorado em química, e quando criança, vivendo perto de Yale, o garoto construiu uma televisão, uma bobina de Tesla,*** um aparelho para radioamadorismo e um sistema de telefones improvisado. Ele estudou no MIT, onde fez bacharelado, mestrado e doutorado em engenharia. Impressionado com artigos de Licklider sobre a simbiose homem-computador, foi trabalhar com ele no Laboratório Lincoln e se tornou seu protegido nos campos de tempo compartilhado, redes e interfaces. Uma de suas experiências no laboratório tinha a ver com a conexão de dois computadores distantes um do outro; a experiência foi financiada por Bob Taylor, através da Arpa. "Licklider me inspirou com sua ideia de conectar computadores numa rede", lembrou Roberts, "e resolvi assumir essa tarefa."

Mas Roberts continuou a rejeitar a proposta de Taylor de ir para Washington para ser seu assistente. Ele gostava de seu trabalho no Laboratório Lincoln e não tinha nenhum respeito especial por Taylor. Havia também algo que Taylor não sabia: um ano antes, haviam oferecido seu emprego a Roberts. "Quando Ivan estava se demitindo, ele me pediu para ir para o IPTO como o novo diretor, mas tratava-se de um trabalho de gerência, e eu preferia a pesquisa", disse ele. Tendo recusado o posto principal, Robert não estava disposto a ser assistente de Taylor. "Esqueça", disse a ele. "Estou atarefado. Estou me divertindo muito com esta maravilhosa pesquisa."[43]

Havia outro motivo para a resistência de Roberts, que Taylor foi capaz de intuir. "Larry era do MIT, com doutorado, e eu era do Texas, não tendo mais que o mestrado", disse mais tarde. "Assim, desconfiei que ele não queria trabalhar para mim."[44]

Não obstante, Taylor era um texano inteligente e obstinado. No outono de 1966, ele perguntou a Herzfeld: "Charlie, será que a Arpa não poderia financiar 51% do Laboratório Lincoln?". Herzfeld disse que sim. "Bem, você sabe que, nesse projeto de rede que pretendo realizar, estou tendo muita dificuldade em encontrar o gerente do programa que desejo, e ele trabalha no Laboratório Lincoln." Talvez Herzfeld pudesse convocar o chefe do laboratório, sugeriu Taylor, e dizer que era de

seu interesse convencer Roberts a aceitar a incumbência. Era um jeito texano de tratar de negócios, como o presidente à época, Lyndon Johnson, haveria de julgar. O chefe do laboratório não era nenhum bobo. "Talvez fosse muito bom para todos nós se ele levasse isso em conta", observou ele a Roberts, depois de receber o telefonema de Herzfeld.

Assim, em dezembro de 1966, Larry Roberts foi trabalhar na Arpa. "Eu chantageei Larry Roberts para ele se tornar famoso", contou Taylor tempos depois.[45]

Logo que Roberts se mudou para Washington, por volta do Natal, ele e a esposa ficaram algumas semanas na casa de Taylor enquanto procuravam um lugar para morar. Embora os dois não estivessem destinados a ser camaradas, o relacionamento entre eles foi cordial e profissional, pelo menos durante seus anos na Arpa.[46]

Roberts não era genial como Licklider, nem extrovertido como Taylor, tampouco congregacionista como Noyce. Segundo Taylor, Larry era "um sujeito frio e distante".[47] Em compensação, tinha um traço que era útil tanto para promover a inventividade em colaboração como para gerenciar uma equipe: a determinação. E, mais importante, sua determinação baseava-se não na emoção ou no favoritismo pessoal, mas na análise precisa e racional de opções. Seus colegas respeitavam suas decisões, mesmo que elas não lhes agradassem, porque ele era claro, objetivo e justo. Essa era umas das vantagens de contar com um verdadeiro engenheiro de produção. Pouco à vontade em trabalhar como assistente de Taylor, Roberts conseguiu se entender com o chefe da Arpa, Charlie Herzfeld, para ser o cientista chefe do departamento. "Eu lidava com contratos durante o dia e fazia pesquisa sobre rede à noite", ele lembrou.[48]

Taylor, por sua vez, era engraçado e gregário, às vezes até de forma exagerada. "Sou uma pessoa sociável", comentou. Todo ano ele promovia uma reunião dos pesquisadores financiados pela Arpa, e outra para os melhores pós-graduandos, normalmente em lugares divertidos como Park City, Utah e New Orleans. Ele incumbia a cada pesquisador uma apresentação, e a seguir todos podiam fazer perguntas e dar sugestões. Dessa maneira, ele vinha a conhecer as estrelas ascendentes de todo o país, o que o levava a atrair talentos que mais tarde lhe seriam muito úteis quando ele foi trabalhar no Xerox PARC. Isso também contribuiu para uma das mais importantes tarefas no desenvolvimento de uma rede: fazer com que todos aceitassem a ideia.

ARPANET

Taylor sabia que precisava vender a ideia da rede de tempo compartilhado às pessoas a quem ela se destinava, ou seja, aos pesquisadores que se beneficiavam de fundos da Arpa. Convidou-as para uma reunião na Universidade de Michigan em abril

de 1967, na qual ele e Roberts apresentaram o plano. Os sites de computador seriam interligados, explicou Roberts, por linhas telefônicas alugadas. Ele descreveu duas arquiteturas possíveis: um sistema radial com um computador central num lugar como Omaha, que encaminharia as informações, ou um sistema tipo rede, que teria a aparência de um mapa rodoviário, com linhas que se cruzassem à medida que fossem sendo tecidas de lugar para lugar. Roberts e Taylor já se inclinavam pela abordagem descentralizada; seria mais segura. As informações seriam repassadas de um nodo para outro até chegarem ao destino.

Muitos participantes relutavam em entrar na rede. "De modo geral, as universidades não queriam compartilhar seus computadores com ninguém", disse Roberts. "Queriam comprar suas próprias máquinas e escondê-las num canto."[49] Também não queriam perder frações do valioso tempo de processamento de seus computadores lidando com o roteamento de tráfego que viria se estivessem numa rede. Os primeiros a discordar foram Marvin Minsky, do Laboratório de Inteligência Artificial do MIT, e seu ex-colega John McCarthy, que se mudara para Stanford. Disseram que seus computadores já estavam sendo usados em sua capacidade máxima. Por que haveriam de permitir que outros tivessem acesso a eles? Além disso, ficariam com o ônus de rotear o tráfego de rede de computadores que não conheciam e cuja linguagem não falavam. "Ambos se queixaram de que perderiam potência computacional e disseram que não queriam participar", contou Taylor. "Eu disse que eles teriam de participar, porque isso me permitiria reduzir a um terço meus gastos com computadores."[50]

Taylor era persuasivo, e Roberts persistente, e ambos lembraram aos participantes que todos eram financiados pela Arpa. "Vamos construir uma rede e vocês vão participar", declarou Roberts, sem rodeios. "E vocês vão conectá-la às suas máquinas."[51] Eles não conseguiriam mais dinheiro para comprar computadores enquanto não se ligassem à rede.

As ideias muitas vezes surgem de debates em reuniões, e uma delas pipocou no fim daquele encontro em Michigan, que ajudaria a neutralizar a oposição à rede. Veio de Wes Clark, que concebera um computador pessoal no Laboratório Lincoln, apelidado de LINC. Ele tinha mais interesse em desenvolver computadores para uso individual do que em promover um sistema de tempo compartilhado entre grandes computadores, razão pela qual não prestara muita atenção na discussão. Mas já perto do encerramento da reunião entendeu por que era tão difícil convencer os centros de pesquisa a aceitar a ideia da rede. "Pouco antes de nos dispersarmos, eu me lembro de ter, de repente, percebido qual era o problema geral", disse. "Passei um bilhetinho para Larry dizendo que achava que sabia resolver o problema."[52] No trajeto para o aeroporto, num carro alugado que Taylor dirigia, Clark expôs sua ideia a Roberts e a outros dois colegas. A Arpa não deveria forçar os computadores de cada site a lidar com roteamento de dados, argumentou Clark. Em vez disso, deveria projetar e dar a cada site um minicomputador padronizado que faria o roteamento. O

grande computador de pesquisa em cada site ficaria então com a tarefa simples de estabelecer uma conexão com seu minicomputador de roteamento fornecido pela Arpa. Havia três vantagens nisso: tirar parte do fardo do computador de grande porte do site principal, dar à Arpa o poder de padronizar a rede e permitir que o roteamento de dados fosse completamente distribuído, em vez de ser controlado por algumas poucas bocas de conexão.

Taylor adotou a ideia de imediato. Roberts fez algumas perguntas e também concordou. A rede seria gerenciada pelos minicomputadores padronizados sugeridos por Clark, que ficaram conhecidos como Processadores de Mensagem de Interface (Interface Message Processors — IMPs). Mais tarde, eles passariam a ser chamados simplesmente de "roteadores".

Quando chegaram ao aeroporto, Taylor perguntou quem deveria construir esses IMPs. Clark disse que a resposta era óbvia: a tarefa deveria ser confiada a Bolt, Beranek e Newman, a firma de Cambridge onde Licklider tinha trabalhado. Mas no carro ia também Al Blue, encarregado de questões de normas e regulamentos da Arpa. Ele lembrou ao grupo que o projeto teria de ser submetido a licitação, em conformidade com regras federais de contratação.[53]

Numa conferência subsequente em Gatlinburg, Tennessee, em outubro de 1967, Roberts apresentou o plano revisado da rede. Deu-lhe também um nome, Arpa Net, que depois se metamorfoseou em Arpanet. Mas faltava resolver uma questão: a comunicação entre dois lugares da rede exigiria uma linha exclusiva, como uma chamada telefônica? Ou haveria alguma forma prática de permitir que múltiplos fluxos de dados compartilhassem as linhas ao mesmo tempo, como se fosse um sistema de tempo compartilhado de linhas telefônicas?

Foi nesse momento que um jovem engenheiro da Inglaterra, Roger Scantlebury, se levantou para apresentar uma dissertação descrevendo a pesquisa de seu chefe, Donald Davies, do Laboratório Nacional de Física da Grã-Bretanha. Ela oferecia uma resposta: um método de fragmentar mensagens em pequenas unidades que Davies apelidara de "pacotes". Scantlebury acrescentou que a ideia fora desenvolvida independentemente por um pesquisador chamado Paul Baran, da RAND. Após a dissertação, Larry Roberts e outros se juntaram em volta de Scantlebury para saber mais, depois seguiram até o bar para discutir o assunto noite adentro.

COMUTAÇÃO DE PACOTES: PAUL BARAN, DONALD DAVIES E LEONARD KLEINROCK

Há muitas maneiras de enviar dados por uma rede. A mais simples, conhecida

como *comutação de circuito*, é a dos telefones: um conjunto de comutadores cria um circuito exclusivo para sinais que vão e voltam enquanto dura a conversa, e a conexão continua aberta, mesmo durante longas pausas. Outro método é a *comutação de mensagens*, ou, como dizem os telegrafistas, comutação de armazenagem e encaminhamento. Nesse sistema, a mensagem recebe um cabeçalho com endereço, é mandada para a rede e retransmitida de nodo para nodo, na viagem para o seu destino.

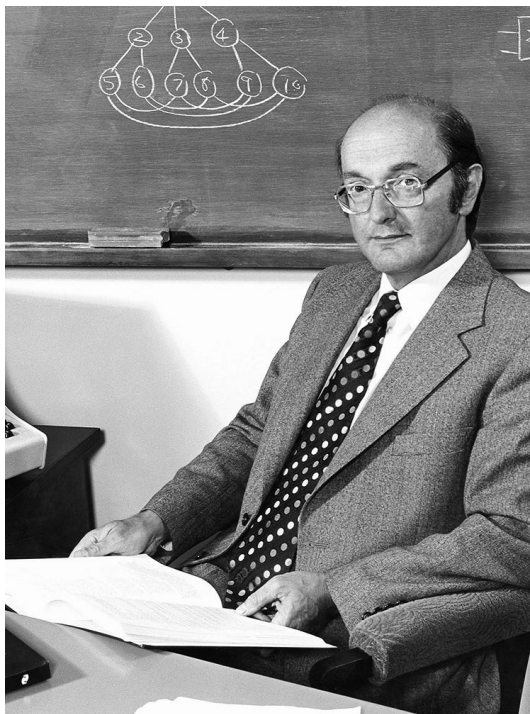
Um método ainda mais eficiente é a comutação de pacote, na qual as mensagens são reduzidas a unidades pequenas, do mesmo tamanho, chamadas pacotes, que recebem cabeçalho com endereço descrevendo para onde devem ir. Esses pacotes são enviados pela rede para seu destino, retransmitidos de nodo para nodo, usando as conexões mais disponíveis naquele instante. Se certas conexões começam a ficar entupidas, com excesso de dados, alguns pacotes são roteados para caminhos alternativos. Quando todos os pacotes chegam ao nodo de destino, são remontados com base nas instruções dos cabeçalhos. "É como dividir uma longa carta em dezenas de postais, todos eles numerados e endereçados para o mesmo lugar", explicou Vint Cerf, um dos pioneiros da internet. "Cada um segue um caminho diferente para chegar ao destino, e ali todos são remontados."[54]

Como Scantlebury explicou em Gatlinburg, a pessoa que primeiro teve a ideia de uma rede de pacotes comutados foi um engenheiro chamado Paul Baran. A família imigrara da Polônia quando ele tinha dois anos e se estabelecera na Filadélfia, onde o pai abriu uma pequena mercearia. Depois de formar-se em Drexel em 1949, Baran juntou-se a Presper Eckert e John Mauchly em sua nova empresa de computadores, onde testava componentes para o UNIVAC. Mudou-se para Los Angeles, estudou à noite na Universidade da Califórnia e acabou arranjando emprego na RAND Corporation.

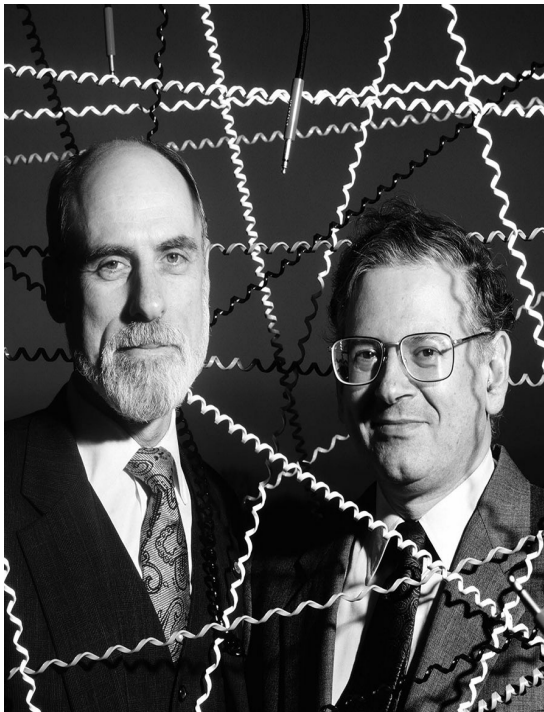
Quando os russos testaram uma bomba de hidrogênio em 1955, Baran encontrou a missão de sua vida: ajudar a impedir o holocausto nuclear. Certo dia, na RAND, ele examinava a lista enviada toda semana pela Força Aérea, com tópicos que precisavam ser pesquisados, e escolheu um relacionado à construção de um sistema de comunicações capaz de sobreviver a um ataque inimigo. Sabia que um sistema desse tipo ajudaria a impedir uma conflagração nuclear, porque, se um lado tivesse medo de que seu sistema de comunicações fosse destruído, lançaria, com grande probabilidade, um primeiro ataque preventivo quando a tensão aumentasse. Com sistemas de comunicações capazes de sobreviver, os países não se sentiriam tentados a responder à mais leve provocação.

Baran teve duas ideias principais, que começou a publicar em 1960. A primeira era que a rede não deveria ser centralizada; não haveria nenhuma boca de conexão central que controlasse todos os chaveamentos e roteamentos. Ela tampouco deveria ser apenas descentralizada, com controle em várias bocas de conexão regionais, como o sistema telefônico da AT&T, ou o mapa de rota de uma grande empresa aérea. Se o

inimigo tomasse algumas dessas bocas de conexão, o sistema poderia ficar incapacitado. Em vez disso, o controle deveria ser completamente *distribuído*. Em outras palavras, todos e cada um dos nodos deveriam ter o mesmo poder de comutar e rotear o fluxo de dados.

Ele desenhou uma rede que parecia de pesca. Todos os nodos teriam o poder de rotear o tráfego, cada um deles conectado a alguns outros. Se qualquer um dos nodos fosse destruído, o tráfego simplesmente passaria a ser roteado por outros caminhos. "Não há controle central", explicou Baran. "Uma simples política local de roteamento é realizada em cada nodo." Ele imaginava que mesmo que cada nodo tivesse apenas três ou quatro ligações, o sistema teria uma resistência e uma capacidade de sobrevivência quase ilimitadas. "Um nível de redundância de apenas três ou quatro permitiria a construção de uma rede tão robusta quanto seria possível em termos teóricos."[55]

Donald Davies (1924-2000).

Paul Baran (1926-2011).

Leonard Kleinrock (1934-).

Vint Cerf (1943-) e Bob Kahn (1938-).

“Tendo compreendido como obter a robustez, passei a tratar do problema de fazer os sinais atravessarem a rede de pesca”, contou Baran.[56] Isso o levou à segunda ideia, que consistia em dividir os dados em pequenos blocos de tamanho padronizado.

Uma mensagem seria dividida em vários blocos desse tipo, esses blocos percorreriam caminhos diferentes através dos nodos da rede e seriam remontados quando chegassem ao destino. "Um bloco de mensagem universalmente padronizado seria composto talvez de 1024 pedaços", escreveu ele. "A maior parte do bloco de mensagem seria reservada para o tipo de dados a serem transmitidos, fossem eles quais fossem, enquanto o restante conteria informações de administração doméstica, como detecção de erros e dados de roteamento."

Nesse ponto, Baran entrou em choque com uma das realidades da inovação, que é o fato de que burocracias firmemente estabelecidas resistem a mudanças. A RAND recomendou sua ideia de uma rede de pacotes comutados à Força Aérea, que, depois de um exame minucioso, decidiu construí-la. Mas o Departamento de Defesa decretou que qualquer empreendimento desse tipo deveria ficar a cargo da Agência de Comunicações de Defesa, para que pudesse ser usado por todos os ramos das Forças Armadas. Baran percebeu que a agência jamais teria nem a vontade nem a capacidade de levar o projeto adiante.

Tentou, então, convencer a AT&T a suplementar sua rede de voz de pacotes comutados com uma rede de dados de pacotes comutados. "Eles lutaram com unhas e dentes", disse. "Tentaram tudo que se possa imaginar para impedir." Não deixaram sequer a RAND usar os mapas de seus circuitos, de modo que Baran teve que usar um conjunto vazado. Ele fez várias viagens à sede da AT&T na parte sul de Manhattan. Numa dessas visitas, um alto executivo, engenheiro analógico à moda antiga, ficou espantado quando Baran explicou que seu sistema permitiria a transmissão de dados sem que um circuito exclusivo ficasse aberto o tempo todo. "Ele olhou para os colegas na sala revirando os olhos, numa expressão de absoluta descrença", contou Baran. Depois de uma pausa, o executivo disse: "Filho, deixe eu lhe explicar como é que um telefone funciona", e passou a fazer, com ar condescendente, uma descrição simplista.

Quando Baran insistiu em sua noção à primeira vista absurda de que mensagens podiam ser picotadas e despachadas pela rede em minúsculos pacotes, a AT&T convidou-o, bem como a outros forasteiros, para uma série de seminários que explicariam como o sistema de fato funcionava. "Foram necessários 94 oradores separados para explicar o sistema todo", disse Baran, maravilhado. Quando as apresentações terminaram, os executivos da AT&T perguntaram a Baran: "Vê agora por que a comutação de pacotes não poderia funcionar?". Para grande desapontamento deles, Baran respondeu, simplesmente: "Não". Mais uma vez a AT&T se viu bloqueada pelo dilema do inovador. Hesitou em examinar um tipo totalmente novo de rede de dados porque estava muito empenhada nos circuitos tradicionais.[57]

O trabalho de Baran culminou numa série de onze volumes de minuciosas análises de engenharia, *On Distributed Communications*, concluídos em 1964. Ele fez questão de que não fossem classificados como secretos porque achava que um sistema desse tipo funcionaria melhor se os russos também tivessem o seu. Embora Bob

Taylor tenha lido parte do trabalho, ninguém mais na Arpa o fez, de modo que a ideia de Baran teve pouco impacto, até que Larry Roberts tomasse conhecimento dela na conferência de Gatlinburg, em 1967. Quando voltou para Washington, Roberts desenterrou os relatórios de Baran, espanejou-os e começou a ler.

Roberts também conseguiu as dissertações escritas pelo grupo de Donald Davies na Inglaterra, que Scantlebury tinha sumariado em Gatlinburg. Davies era filho de um funcionário de mina de carvão galês, que morreu poucos meses depois do nascimento do filho, em 1924. O jovem Davies foi criado em Portsmouth pela mãe, que trabalhava na administração geral dos correios da Grã-Bretanha, responsável pelo sistema nacional de telefonia. Passou a infância brincando com circuitos telefônicos, depois se formou em matemática e física no Imperial College, em Londres. Durante a guerra, trabalhou na Universidade de Birmingham, criando ligas para tubos de armas nucleares como assistente de Klaus Fuchs, que, como depois se descobriria, era espião soviético. Foi trabalhar com Alan Turing na construção da Máquina Computadora Automática, um computador com programa armazenado, no Laboratório Nacional de Física.

Davies desenvolveu dois interesses: computador de tempo compartilhado, cuja existência descobrira durante uma visita ao MIT em 1965, e o uso de linhas telefônicas para comunicações de dados. Combinando essas ideias na cabeça, passou a ter como objetivo encontrar um método similar de compartilhamento de tempo para maximizar o uso de linhas de comunicação. Isso o levou aos mesmos conceitos que Baran tinha desenvolvido sobre a eficiência de pedaços de unidades de mensagem. Também sugeriu uma velha e boa palavra inglesa para descrevê-las: "pacotes". Ao tentar convencer a administração geral dos correios a adotar o sistema, Davies deparou com o mesmo problema enfrentado por Baran quando bateu à porta da AT&T. Mas ambos encontraram um fã em Washington. Larry Roberts não adotou apenas suas ideias; adotou também o termo "pacote".[58]

Um terceiro e um tanto controvertido contribuinte nessa mistura foi Leonard Kleinrock, um jovial e afável — e por vezes marqueteiro de si mesmo — especialista no fluxo de dados em redes, que se tornou amigo íntimo de Larry Roberts ao dividirem um escritório quando eram alunos de doutorado no MIT. Kleinrock foi criado em Nova York, numa família de imigrantes pobres. Seu interesse em eletrônica foi despertado quando, aos seis anos de idade, estava lendo um gibi do Super-Homem e viu instruções para construir um rádio de galena sem bateria. Juntou um rolo de papel higiênico, uma lâmina de barbear do pai, fios e grafite de um lápis, e depois convenceu a mãe a levá-lo de metrô ao sul de Manhattan para comprar um capacitor variável numa loja de eletrônicos. A geringonça funcionou, e surgiu ali um encanto pela eletrônica que duraria a vida inteira. "Até hoje me sinto maravilhado com ele", disse, lembrando-se do rádio. "Ainda parece mágico." Kleinrock começou a

adquirir manuais sobre válvulas de rádio em lojas de excedentes e a vasculhar latões de lixo à procura de rádios descartados, estraçalhando-os para tirar componentes como um urubu, e com eles construir seus próprios rádios.[59]

Incapaz de bancar uma faculdade, mesmo no City College de Nova York, que não cobrava mensalidade, ele trabalhava de dia numa firma de eletrônica e estudava à noite. Os professores dos cursos noturnos eram mais práticos do que os dos diurnos; em vez de ensinar teorias sobre transístores, Kleinrock se lembra do professor lhe explicando que eram sensíveis ao calor e como ajustá-los para a temperatura esperada quando se projetava um circuito. "Coisas práticas como essas a gente nunca aprenderia nos cursos diurnos", disse ele. "Os professores simplesmente não sabiam disso."[60]

Depois de se formar, Kleinrock conseguiu uma bolsa para fazer doutorado no MIT. Ali estudou a teoria das filas, que investiga qual será, por exemplo, a média de tempo de espera numa fila, levando em conta diversos fatores, e em sua dissertação ele formulou alguns dos cálculos matemáticos subjacentes que analisam o fluxo de mensagens e o surgimento de gargalos em redes de dados comutados. Além de dividir um escritório com Roberts, Kleinrock foi colega de classe de Ivan Sutherland e assistiu a palestras de Claude Shannon e Norbert Wiener. "Era um genuíno viveiro de brilhantismo intelectual", disse, referindo-se ao MIT daquela época.[61]

Certo fim de noite, no laboratório de computação do MIT, um exausto Kleinrock estava usando uma das máquinas, um imenso computador experimental conhecido como TX-2, quando ouviu um "pssssss" pouco familiar. "Fiquei muito preocupado", disse. "Havia uma fenda vazia de onde uma peça da máquina fora retirada para conserto, e quando ergui os olhos e olhei para a fenda havia dois olhos me fitando!" Era Larry Roberts, pregando-lhe uma peça.[62]

O agitado Kleinrock e o contido Roberts continuaram amigos, apesar (ou por causa) das diferenças de personalidade. Adoravam ir juntos a cassinos de Las Vegas para tentar passar a perna na casa. Roberts inventou um plano para contar cartas de blackjack, que consistia basicamente em rastrear tanto as cartas altas como as baixas, e o ensinou a Kleinrock. Contou Roberts:

> Uma vez fomos expulsos, jogando com minha mulher no Hilton, quando os gerentes do cassino nos observavam pelo teto e ficaram desconfiados ao me verem comprar seguro numa partida em que em geral ninguém compra, a não ser que saiba que não há muitas cartas altas sobrando.

Outra manobra se resumiu a tentar calcular a trajetória da bola numa mesa de roleta usando um contador feito de transístores e um oscilador. Ele mediria a velocidade da bola e preveria em que lado da roda ela ia parar, permitindo-lhes apostar com mais chances de acerto. Para reunir os dados necessários, Roberts atou a mão com gaze, para ocultar um gravador. O crupiê, imaginando que eles estavam

aprontando alguma, encarou-os e perguntou: "Você gostaria que eu lhe quebrasse o outro braço?". Ele e Kleinrock concluíram que não e saíram.[63]

Em sua proposta de dissertação do MIT, escrita em 1961, Kleinrock sugeriu explorar a base matemática que permitisse prever engarrafamentos numa rede tipo teia de aranha. Nessa e em outras monografias, descreveu uma rede de armazenamento e encaminhamento — "redes de comunicação nas quais há armazenagem em cada nodo" —, mas não uma rede que fosse puramente de pacotes comutados. Ele tratou da questão "do atraso médio sofrido por uma mensagem quando passa pela rede" e analisou como a imposição de uma estrutura de prioridades que incluísse dividir a mensagem em unidades menores ajudaria a resolver o problema. Não usou, porém, o termo "pacote", nem apresentou qualquer conceito que se aproximasse disso.[64]

Kleinrock era sociável e ávido, mas não era conhecido entre os colegas como rival de Licklider na reticência com que reivindicava crédito. Mais tarde, afastaria muitos outros desenvolvedores da internet afirmando que, em sua tese de doutorado e na monografia em que a propôs (ambas escritas depois que Baran começou a formular comutações de pacote na RAND), tinha "desenvolvido os princípios básicos de comutação de pacotes" e "a teoria matemática de redes de pacotes, a tecnologia que serve de base à internet".[65] Em meados dos anos 1990, iniciou uma vigorosa campanha para ser reconhecido "como o Pai da Moderna Comunicação de Dados Inter-Rede".[66] Afirmou numa entrevista em 1996: "Minha dissertação lançou os princípios básicos da comutação de pacotes".[67]

Isso provocou uma grita entre muitos dos outros pioneiros da internet, que atacaram publicamente Kleinrock e disseram que sua breve menção a unidades de mensagem não chegou nem perto de ser uma proposta de comutação de pacotes. "Kleinrock é um chicaneiro", afirmou Bob Taylor. "Sua reivindicação de ter alguma coisa a ver com a invenção da comutação de pacotes é autopromoção típica e incorrigível, coisa de que ele é culpado desde o momento inicial."[68] (Kleinrock rebateu: "Taylor está decepcionado porque nunca teve o reconhecimento que acha que merece".)[69]

Donald Davies, o pesquisador britânico que cunhou o termo "pacote", era um homem amável e reservado que nunca se gabava de suas realizações. As pessoas achavam-no humilde demais. Mas, quando estava para morrer, ele escreveu uma dissertação a ser publicada após sua morte na qual atacou Kleinrock numa linguagem surpreendentemente forte. "O trabalho de Kleinrock até 1964 não lhe confere nenhum direito de achar que deu origem à comutação de pacotes", escreveu após uma análise exaustiva. "A passagem em seu livro sobre tempo compartilhado, se buscava uma conclusão, devia tê-lo levado à comutação de pacotes, mas não o fez [...]. Não consigo encontrar indícios de que ele compreendeu os princípios da comutação de pacotes."[70] Alex McKenzie, engenheiro que dirigia o centro de controle de rede

da BBN, seria ainda mais franco: "Kleinrock afirma que introduziu a ideia de empacotamento. Pura bobagem; não há NADA em todo o livro de 1964 que sugira, analise ou faça referência à ideia de empacotamento". Ele chamou as pretensões de Kleinrock de "ridículas".[71]

A reação contra Kleinrock foi tão amarga que se tornou assunto de um artigo de Katie Hafner no *New York Times* em 2001. No texto, ela contava como a costumeira atitude colegial dos pioneiros da internet foi abalada pelas pretensões de prioridade de Kleinrock no conceito de comutação de dados. Paul Baran, que de fato merecia ser conhecido como o pai da comutação de pacotes, se apresentou para dizer que "a internet é, na verdade, obra de mil pessoas", e declarou, categórico, que a maioria das pessoas envolvidas não reivindicava crédito. "Há só um pequeno caso que mais parece uma aberração", acrescentou, referindo-se de maneira injuriosa a Kleinrock.[72]

Curiosamente, até meados dos anos 1990, Kleinrock dera crédito a outros por terem tido a ideia de comutação de pacotes. Numa monografia publicada em novembro de 1978, ele citava Baran e Davies como pioneiros do conceito:

> No começo dos anos 1960, Paul Baran tinha descrito algumas das propriedades das redes de dados numa série de monografias da RAND Corporation [...]. Em 1968, Donald Davies, do Laboratório Nacional de Física da Inglaterra, estava começando a escrever sobre redes de comutação de pacotes.[73]

Da mesma forma, numa monografia de 1979, descrevendo o desenvolvimento de redes distribuídas, Kleinrock não mencionou nem citou sua própria obra a partir do começo dos anos 1960. Até 1990, ele ainda declarava que Baran foi o primeiro a conceber a comutação de pacotes: "Eu lhe creditaria [a Baran] as primeiras ideias".[74] No entanto, quando a monografia de 1979 de Kleinrock foi reeditada em 2002, veio com uma nova introdução que afirmava: "Desenvolvi os princípios básicos da comutação de pacotes, tendo publicado a primeira monografia sobre o assunto em 1961".[75]

Para ser justo com Kleinrock, tenha ou não afirmado que seu trabalho no começo dos anos 1960 delineou a comutação de pacotes, ele deveria merecer grande respeito como pioneiro da internet. Não há dúvida de que foi um dos primeiros teóricos importantes do fluxo de dados em redes e também um valioso líder na construção da Arpanet. Foi um dos primeiros a calcular o efeito da divisão de mensagens à medida que eram transmitidas de um nodo para outro. Além disso, Roberts considerou sua obra teórica tão importante que o recrutou para fazer parte da equipe de implementação da Arpanet. A inovação é trazida por pessoas que têm não apenas boas teorias, mas também a oportunidade de participar de um grupo que as possa implementar.

A controvérsia acerca de Kleinrock é interessante porque mostra que a maioria

dos criadores da internet preferia — para usar uma metáfora da própria internet — um sistema de créditos plenamente distribuídos. Eles isolavam e roteavam instintivamente qualquer nodo que tentasse reivindicar mais significado do que os outros. A internet nasceu de um éthos de colaboração criativa e tomadas de decisão distribuídas, e seus fundadores gostavam de proteger essa herança. Ela se tornou parte arraigada de sua personalidade — e do DNA da própria internet.

RELAÇÃO COM A BOMBA NUCLEAR?

Uma das narrativas em geral aceitas da internet é que ela foi construída para sobreviver a um ataque nuclear. Isso deixa furiosos muitos de seus arquitetos, como Bob Taylor e Larry Roberts, que, de modo insistente e reiterado, desmascararam esse mito. No entanto, como tantas inovações da era digital, houve múltiplas causas e origens. Diferentes protagonistas tiveram diferentes perspectivas. Alguns deles, em posição mais alta do que Taylor e Roberts na cadeia de comando, e mais bem informados sobre as razões para decidir financiá-la, começaram a expor a falsidade das versões que evidenciam a farsa dessa narrativa. Tentemos remover as camadas.

Não há dúvida de que quando Paul Baran propôs uma rede de comutação de pacotes em relatórios na RAND, a capacidade de sobrevivência nuclear foi uma das suas bases lógicas. "Era necessário dispor de um sistema estratégico que pudesse resistir a um primeiro ataque e, em seguida, fosse capaz de devolver a gentileza à altura", explicou ele. "O problema é que não tínhamos um sistema de comunicações capaz de sobreviver, e, com isso, os mísseis soviéticos apontados para mísseis americanos destruiriam todo o sistema de telefone-comunicação."[76] Isso levava a uma situação instável em que os dois lados viviam com o dedo no gatilho; era muito alta a probabilidade de que um ataque preventivo fosse lançado pelo país que temesse que suas comunicações, e a capacidade de reagir, não sobreviveriam a um ataque. "A origem da comutação de pacotes é bem Guerra Fria", disse ele. "Fiquei muito interessado na questão de construir um sistema confiável de comando e controle."[77] Assim, em 1960, Baran se dedicou a desenvolver "uma rede de comunicações que permitisse a algumas centenas de grandes estações de comunicação conversar umas com as outras depois de um ataque inimigo".[78]

Esse talvez fosse o objetivo de Baran, mas lembremo-nos de que ele jamais convenceu a Força Aérea a construir o sistema. Em vez disso, seus conceitos foram adotados por Roberts e Taylor, que insistiam em dizer que estavam apenas tentando criar uma rede de compartilhamento de recursos para os pesquisadores da Arpa, e não uma rede que fosse capaz de sobreviver a um ataque. "As pessoas pegam o que Paul Baran escreveu sobre uma rede segura de defesa nuclear e aplicam à Arpanet", disse Roberts.

> É claro que uma coisa nada tem a ver com a outra. O que eu disse ao Congresso foi que isso se destinava ao futuro da ciência no mundo — o mundo civil, assim como o militar — e que os militares se beneficiariam tanto quanto o resto do mundo. Mas ela, é óbvio, não tinha propósitos militares. E não falei em guerra nuclear.[79]

A certa altura, a revista *Time* informou que a internet tinha sido construída para garantir as comunicações depois de um ataque nuclear, e Taylor escreveu uma carta para os editores corrigindo-os. A *Time* não a publicou. "Devolveram-me a carta dizendo que suas fontes estavam certas", lembra-se ele.[80]

As fontes da *Time* ocupavam posição mais alta na cadeia de comando do que Taylor. Quem trabalhava no Escritório de Técnicas de Processamento de Informações da Arpa, responsável pelo projeto da rede, talvez acreditasse de coração que o projeto nada tinha a ver com sobrevivência nuclear, mas alguns chefes da Arpa achavam que essa era, na realidade, uma de suas missões cruciais. E foi assim que convenceram o Congresso a continuar a financiá-lo.

Stephen Lukasik foi vice-diretor da Arpa de 1967 a 1970 e, a partir de então, diretor até 1975. Em junho de 1968, conseguiu autorização e verba para que Roberts construísse a rede. Isso ocorreu apenas alguns meses depois da Ofensiva do Tet e do massacre de My Lai, no Vietnã. Os protestos contra a guerra tinham chegado ao auge, e estudantes se rebelavam nas maiores universidades. O dinheiro do Departamento de Defesa não estava escorrendo fácil para o custeio de programas caros destinados apenas a permitir a colaboração entre pesquisadores acadêmicos. O senador Mike Mansfield e outros tinham começado a exigir que só fossem financiados projetos diretamente relevantes para uma missão militar. "De modo que, nesse ambiente", disse Lukasik,

> eu teria tido dificuldade para investir muito dinheiro na rede só para aumentar a produtividade dos pesquisadores. Essa base lógica não seria forte o suficiente. Forte o suficiente era a ideia de que a comutação de pacotes sobreviveria mais, seria mais robusta quando uma rede fosse danificada [...]. Numa situação estratégica — quer dizer, num ataque nuclear —, o presidente ainda poderia se comunicar com campos de mísseis. Por isso posso lhe garantir, no que dizia respeito aos cheques que eu assinava, ou seja, de 1967 em diante, que eu só os assinava porque *aquela* era a necessidade da qual eu estava convencido.[81]

Em 2011, Lukasik divertiu-se e irritou-se um pouco com o que se tornara o

dogma convencional segundo o qual a Arpanet *não* tinha sido construída por razões estratégico-militares. Em vista disso, escreveu um texto intitulado "Why the Arpanet Was Built" [Por que a Arpanet foi construída], que distribuiu entre os colegas. "A existência da Arpa e seu único objetivo eram responder a novas preocupações de segurança nacional que exigiam visibilidade em alto nível", explicou. "No caso em apreço, eram o comando e o controle de forças militares, em especial as relacionadas à existência de armas nucleares e à dissuasão de seu uso."[82]

Isso contradiz frontalmente as declarações de um dos seus antecessores como diretor da Arpa, Charles Herzfeld, o refugiado vienense que aprovou a proposta de Taylor de uma rede de pesquisa compartilhada em 1965. "A Arpanet não foi iniciada para criar um Sistema de Comando e Controle que sobrevivesse a um ataque nuclear, como muitos sustentam hoje", insistiu Herzfeld anos depois. "Construir um sistema assim era, claro, uma grande necessidade militar, mas não foi essa a missão da Arpa."[83]

Duas histórias semioficiais autorizadas pela Arpa tomam lados opostos: "Foi do estudo da RAND que partiu o falso rumor afirmando que a Arpanet estava, de alguma maneira, relacionada com a construção de uma rede resistente à guerra nuclear", afirmava a história escrita pela Internet Society. "Isso nunca foi verdade no tocante à Arpanet, apenas o estudo da RAND, que não tem qualquer relação com ela."[84] De outro lado, o "Relatório Final" da Fundação Nacional de Ciência, de 1995, declarou: "Consequência natural da Agência de Projetos de Pesquisa Avançada do Departamento de Defesa, o plano de comutação de dados da Arpanet destinava-se a fornecer comunicações confiáveis em face de um ataque nuclear".[85]

Qual das duas versões é correta? Nesse caso, ambas. Para os acadêmicos e pesquisadores que de fato construíam a rede, ela tinha apenas um objetivo pacífico. Para alguns dos que supervisionavam e financiavam o projeto, em especial o Pentágono e o Congresso, ela tinha também uma justificativa militar. Stephen Crocker era um estudante de pós-graduação no fim dos anos 1960 que se envolveu integralmente na coordenação do projeto da Arpanet. Jamais considerou a sobrevivência nuclear como parte de sua missão. Mas quando Lukasik distribuiu sua monografia de 2011, Crocker leu-a, sorriu e mudou de ideia. "Eu estava no topo e você na base, portanto você de fato não tinha ideia do que estava acontecendo, nem sabia por que fazíamos o que estávamos fazendo", disse-lhe Lukasik. Crocker respondeu, com uma pitada de humor disfarçando um torrão de sabedoria: "Eu estava na base e você no topo, portanto você não tinha ideia do que estava acontecendo, nem sabia por que fazíamos o que estávamos fazendo".[86]

Como Crocker enfim compreendeu, "não se pode fazer todos os envolvidos concordarem sobre a razão pela qual ela foi construída". Leonard Kleinrock, que fora seu supervisor na Universidade da Califórnia em Los Angeles (UCLA), chegou à mesma conclusão:

> Jamais saberemos se a capacidade de sobrevivência nuclear foi a motivação. Era uma pergunta irrespondível. Para mim, não havia essa noção de justificativa militar. Porém, mais acima na cadeia de comando, tenho certeza de que alguns diziam que sobreviver a um ataque nuclear era a razão.[87]

A Arpanet acabou representando uma curiosa conjunção de interesses militares e acadêmicos. Foi financiada pelo Departamento de Defesa, cuja tendência era querer sistemas de comando hierárquicos com controles centralizados. Mas o Pentágono delegara o projeto da rede a um punhado de acadêmicos, alguns dos quais tentavam escapar do recrutamento para o serviço militar, e a maioria dos quais via com desconfiança a autoridade centralizada. Como optaram por uma estrutura de nodos ilimitados, cada qual com seu próprio roteador, em vez de uma estrutura baseada numas poucas bocas de conexão centralizadas, seria difícil controlar a rede. "Minha propensão sempre foi impingir a descentralização à rede", disse Taylor. "Assim seria difícil para um grupo assumir o controle. Eu não confiava em grandes organizações centrais. Estava na minha natureza desconfiar delas."[88] Ao escolher gente como Taylor para construir sua rede, o Pentágono estava dando à luz uma rede que ele não teria condições de controlar plenamente.

Havia ainda outra camada de ironia. A arquitetura descentralizada e distribuída significava que a rede seria mais confiável. Ela poderia até resistir a um ataque nuclear. Construir um sistema de comando e controle militar elástico e à prova de ataques não era o que motivava os pesquisadores da Arpa. Não era sequer uma ideia subjacente. Mas foi por essa razão que eles acabaram assegurando um constante fluxo de financiamento do Pentágono e do Congresso para o projeto.

Mesmo depois que se metamorfoseou na internet no começo dos anos 1980, a Arpanet continuaria a servir a objetivos tanto militares como civis. Vint Cerf, pensador cortês e meditativo que ajudou a criar a internet, recorda-se: "Eu queria demonstrar que nossa tecnologia era capaz de sobreviver a um ataque nuclear". Assim, em 1982, ele realizou uma série de testes que simulavam um ataque nuclear.

> Houve numerosas simulações ou demonstrações desse tipo, algumas muitíssimo ambiciosas. Envolviam o Comando Aéreo Estratégico. A certa altura, pusemos em campo pacotes de radiotransmissão aerotransportados, usando ao mesmo tempo os sistemas aerotransportados para costurar fragmentos de internet que tinham sido segregados por um ataque nuclear simulado.

Radia Perlman, umas das mais destacadas engenheiras de rede, desenvolveu

no MIT protocolos que assegurariam robustez de rede em face de um ataque maligno e ajudou Cerf a conceber maneiras de dividir e reconstruir a Arpanet quando necessário, para torná-la mais apta a sobreviver.[89]

Essa interação de motivos militares e acadêmicos tornou-se parte integrante da internet. "O projeto tanto da Arpanet como da internet favorecia valores militares, como capacidade de sobrevivência, flexibilidade e alto desempenho, em detrimento de objetivos comerciais, como baixo custo, simplicidade ou apelo para o consumidor", observou a historiadora de tecnologia Janet Abbate. "Ao mesmo tempo, o grupo que projetou e construiu redes da Arpa era dominado por cientistas acadêmicos, que incorporaram ao sistema seus próprios valores de coleguismo, descentralização de autoridade e permuta livre de informações."[90] Esses pesquisadores acadêmicos do fim dos anos 1960, muitos deles associados à contracultura antiguerra, criaram um sistema que resistia ao comando centralizado. Ele se esquivaria de qualquer dano proveniente de um ataque nuclear, mas se esquivaria também de qualquer tentativa de imposição de controle.

UM GIGANTESCO SALTO: A ARPANET ATERRISSOU, OUTUBRO DE 1969

No verão de 1968, quando boa parte do mundo, de Praga a Chicago, era sacudida pela agitação política, Larry Roberts enviou convites a empresas que quisessem participar de uma licitação para construir minicomputadores a serem despachados para cada centro de pesquisa e servirem como roteadores, ou Processadores de Mensagens Interface (IMP), da Arpanet. Seu plano incorporava o conceito de comutação de pacotes de Paul Baran e Donald Davies, a sugestão de IMPs padronizados apresentada por Wes Clark, os insights teóricos de J. C. R. Licklider e Leonard Kleinrock, e as contribuições de muitos outros inventores.

Das 140 empresas contatadas, apenas uma dúzia resolveu submeter propostas. A IBM, por exemplo, não o fez. Duvidava que os IMPs pudessem ser construídos a preços razoáveis. Roberts convocou uma reunião de comitê em Monterey, Califórnia, para avaliar as ofertas submetidas, e Al Blue, o funcionário encarregado do cumprimento das normas, tirou fotos de cada uma delas com varas de medição mostrando como eram grossas.

A Raytheon, grande fornecedora do Pentágono sediada em Boston, cofundada por Vannevar Bush, saiu na frente entre os competidores e até chegou a negociar preços com Roberts. Mas Bob Taylor interveio e manifestou a opinião, já defendida por Wes Clark, de que o contrato deveria ir para a BBN, que não estava sobrecarregada com camadas de burocracia corporativa. "Eu disse que a cultura corporativa entre a Raytheon e as universidades de pesquisa seria ruim, como misturar óleo e água", lembra-se Taylor.[91] Como disse Clark, "Bob passou por cima do comitê". Roberts concordou:

> A Raytheon tinha uma boa proposta, que competia em pé de igualdade com a BBN, e a única coisa que as distinguia, pesando a longo prazo na minha decisão, era que a BBN tinha uma equipe mais unida, organizada de uma forma que me parecia mais eficaz.[92]

Contrastando com a burocratizada Raytheon, a BBN tinha um ágil grupo de brilhantes engenheiros, comandados por dois refugiados do MIT, Frank Heart e Robert Kahn.[93] Eles ajudaram a aperfeiçoar a proposta de Roberts, especificando que quando um pacote fosse passado de um IMP para o próximo, o IMP remetente o manteria armazenado até que o IMP destinatário acusasse o recebimento, e reenviaria a mensagem se o aviso de recebimento não chegasse de imediato. Isso se tornou crucial para a confiabilidade da rede. A cada passo, o projeto ia sendo aperfeiçoado pela criatividade coletiva.

Pouco antes do Natal, Roberts surpreendeu muita gente anunciando a escolha da BBN em lugar da Raytheon. Ted Kennedy mandou o telegrama costumeiro que vai para um eleitor que consegue um grande projeto federal. Nele, o senador cumprimentava a BBN por ter sido escolhida para construir o Processador de Mensagens *Inter-Fé*, o que em certo sentido era uma descrição adequada do papel ecumênico dos Processadores de Mensagens Interface.[94]

Roberts selecionou quatro centros de pesquisa para serem os primeiros nodos da Arpanet: UCLA, onde Len Kleinrock trabalhava; o Instituto de Pesquisa de Stanford (Stanford Research Institute — SRI), com o visionário Douglas Engelbart; a Universidade de Utah, com Ivan Sutherland; e a Universidade da Califórnia em Santa Barbara. Eles foram incumbidos de descobrir uma forma de conectar seus grandes computadores "principais" aos IMPs padronizados que lhes seriam enviados. Como típicos professores titulares, os pesquisadores desses centros recrutaram uma equipe heterogênea de estudantes de pós-graduação para executar o trabalho.

Os membros dessa jovem equipe de trabalho se reuniram em Santa Barbara para decidir o que fazer e descobriram um preceito que continuaria válido na era das redes sociais digitais: era útil — e divertido — se encontrar face a face com outras pessoas, interagindo numa interface literal. "Houve um fenômeno parecido com o das reuniões de coquetel, onde as pessoas descobrem que têm muitas coisas em comum umas com as outras", lembra-se Stephen Crocker, estudante de pós-graduação da equipe da UCLA que tinha ido para lá em companhia de seu melhor amigo e colega, Vint Cerf. Depois disso, decidiram fazer reuniões regulares em esquema de revezamento, cada vez no lugar de um.

O polido e respeitoso Crocker, com seu rosto grande e sorriso ainda maior, tinha a personalidade ideal para ser o coordenador daquele que se tornaria um dos processos de colaboração arquetípicos da era digital. Ao contrário de Kleinrock, Crocker raramente usava o pronome *eu*; tinha mais interesse em distribuir crédito do

que em reivindicá-lo para si. Sua sensibilidade para com os outros lhe deu uma percepção intuitiva de como coordenar um grupo sem procurar centralizar controle ou autoridade, o que era bem adequado para o modelo de rede que eles estavam tentando inventar.

Meses se passaram, e os estudantes de pós-graduação continuaram se reunindo e compartilhando ideias, esperando que a qualquer momento algum Poderoso Funcionário baixasse sobre eles e lhes desse ordem para marchar. Achavam que em dado momento as autoridades da Costa Leste apareceriam com as regras, os regulamentos e os protocolos gravados em tabuletas, a serem observadas pelos simples administradores dos sites do sistema principal. Segundo Crocker,

> não éramos nada mais do que um bando de estudantes de pós-graduação escolhidos por nós mesmos, e eu estava convencido de que uma corporação constituída por figuras de autoridade, ou por adultos de Washington ou Cambridge, chegaria a qualquer momento para nos dizer quais eram as regras.

Tratava-se, porém, de uma nova era. Esperava-se que a rede fosse distribuída, e, da mesma forma, a autoridade que a presidiria. Sua invenção e suas regras seriam de responsabilidade dos usuários. O processo seria aberto. Embora em parte financiada para facilitar o comando e o controle militares, faria isso resistindo ao comando e ao controle centralizados. Os coronéis tinham cedido autoridade aos hackers e aos acadêmicos.

Assim, após um encontro especialmente divertido em Utah, no começo de abril de 1967, esse barulhento grupo de estudantes de pós-graduação, depois de dar a si mesmo o nome de Grupo de Trabalho da Rede, decidiu que seria proveitoso registrar por escrito alguma coisa que tinham imaginado.[95] E Crocker, que com sua polida ausência de pretensão era capaz de cativar um rebanho de hackers a chegar a um consenso, foi designado para a tarefa. Ele estava ansioso para encontrar uma abordagem que não parecesse presunçosa. "Percebi que o simples ato de registrar por escrito o que tínhamos conversado poderia ser visto como presunção de autoridade, e que alguém viria e gritaria conosco — talvez algum adulto do leste." Seu desejo de ser respeitoso o mantinha acordado à noite, literalmente. "Eu morava com minha namorada e seu bebezinho de um relacionamento anterior, na casa dos pais dela. O único lugar para trabalhar à noite sem perturbar ninguém era o banheiro, e eu ficava lá, de pé, nu, tomando notas."[96]

Crocker se deu conta naquela noite de que precisava de um nome modesto para a lista de sugestões e práticas. "Para ressaltar sua natureza informal, ocorreu-me a ideiazinha boba de chamar todas elas de 'pedido de comentários' — ainda que na verdade não fosse um pedido." Era a frase perfeita para incentivar a colaboração na era da internet — amistosa, nada mandona, inclusiva e camarada. "Uma coisa que talvez

tenha ajudado foi que naqueles tempos evitávamos patentes e outras restrições; sem qualquer incentivo financeiro para controlar os protocolos, era muito mais fácil chegar a um acordo", escreveu Crocker, quarenta anos depois.[97]

O primeiro pedido de comentários (*request for comments* — RFC) saiu em 7 de abril de 1969, despachado pelo correio em envelopes antiquados, pelo sistema postal. Num tom cordial e informal, livre de qualquer impertinência, Crocker propunha a tarefa de imaginar como o sistema principal de cada instituição deveria ser conectado à nova rede. "No verão de 1968, representantes dos quatro sites iniciais se reuniram várias vezes para discutir o software principal", escreveu ele. "Apresento aqui alguns acordos provisórios já alcançados e algumas das questões abertas com que nos deparamos. Muito pouco do que aqui está é sólido e esperam-se reações."[98] As pessoas que receberam o RFC1 sentiam-se incluídas num processo divertido, mais do que recebendo ordens de um bando de czares do protocolo. Tratava-se de uma rede, de modo que fazia sentido tentar laçar todo mundo.

O processo de RFCs foi pioneiro no desenvolvimento de softwares, protocolos e conteúdos de código aberto. "Essa cultura de processos abertos foi essencial para que a internet crescesse e evoluísse da forma espetacular que conhecemos", disse Crocker mais tarde.[99] Ainda de maneira mais ampla, tornou-se o padrão de colaboração na era digital. Trinta anos depois do RFC1, Vint Cerf escreveu um RFC filosófico chamado "A Grande Conversação" que começava assim: "Muito tempo atrás, numa rede muito, muito distante…". Depois de descrever o início informal dos RFCs, Cerf prosseguiu: "Oculta na história dos RFCs está a história das instituições humanas que visam o trabalho cooperativo".[100] Era uma declaração grandiosa, e teria parecido exagerada, se não fosse verdadeira.

Os RFCs produziram um conjunto de regras nas relações entre o sistema principal e os IMPs em agosto de 1969, no momento em que o primeiro IMP foi despachado para o laboratório de Kleinrock. Ao chegar à doca de carregamento da UCLA, uma dúzia de pessoas estava presente para saudá-lo: Crocker, Kleinrock, alguns outros membros da equipe, e Cerf e a mulher, Sigrid, que trouxera champanhe. Eles levaram um susto ao ver que o IMP era do tamanho de uma geladeira e coberto, como se em conformidade com as especificações da máquina militar que era, de aço cinzento de couraçado. Foi transportado sobre rodas para a sala de computadores, ligado na tomada, e começou a funcionar de imediato. A BBN fizera um grande serviço, entregando a encomenda dentro do prazo e do orçamento.

Uma máquina não faz uma rede. Só um mês depois, quando um segundo IMP foi entregue ao SRI, na periferia do campus de Stanford, é que a Arpanet pôde de fato funcionar. Em 29 de outubro, a conexão estava pronta para ser feita. Foi um acontecimento apropriadamente informal. Não teve nada do drama de "um pequeno passo para o homem, um salto gigantesco para a humanidade" que ocorrera na Lua

poucas semanas antes, com meio milhão de pessoas vendo pela televisão. Em vez disso, um estudante universitário chamado Charley Kline, observado por Crocker e Cerf, colocou um fone no ouvido para coordenar a operação, por telefone, com um pesquisador no SRI, enquanto digitava uma sequência de login que deveria permitir a seu terminal na UCLA conectar-se através da rede com o computador em Palo Alto, a 566 quilômetros de distância. Kline digitou a letra "L". O sujeito no SRI lhe informou que ela fora recebida. Então digitou "O". Essa também foi confirmada. Quando digitou "G", o sistema deparou com uma inesperada dificuldade de memória, por causa de um recurso de autocomplementação, e travou. Apesar disso, a primeira mensagem tinha sido enviada através da Arpanet, e, se não foi tão eloquente como "A *Águia* pousou" ou "Vejam o que Deus tem feito", foi adequada em sua maneira discreta: "Lo". Como em *Lo and behold* ["E eis que"]. Em seu diário de bordo, Kline registrou, numa anotação memoravelmente minimalista: "22h30. Falei com o SRI de Host para Host. CSK".[101]

Foi assim que, no segundo semestre de 1969 — em meio à estática de Woodstock, Chappaquiddick, protestos contra a Guerra do Vietnã, Charles Manson, o julgamento dos Oito de Chicago e Altamont —, três iniciativas históricas, que vinham sendo desenvolvidas havia quase uma década, atingiram seu ponto culminante. A Nasa enviou um homem à Lua. Engenheiros do Vale do Silício inventaram uma forma de enfiar um computador programável num chip chamado microprocessador. E a Arpa criou uma rede que conectaria computadores distantes. Só uma das três (talvez a menos historicamente significativa?) produziu manchetes.

A INTERNET

A Arpanet ainda não era a internet. Era apenas uma rede. Dentro de poucos anos, surgiram outras redes de comutação de pacotes, similares, mas não interconectadas. Por exemplo, engenheiros do Centro de Pesquisa da Xerox em Palo Alto (Palo Alto Research Center — PARC) queriam uma rede local para conectar os escritórios das estações de trabalho que estavam projetando no começo dos anos 1970, e um ph.D. de Harvard chamado Bob Metcalfe criou ali uma forma de usar cabos coaxiais para formar um sistema de banda larga por ele batizado de "Ethernet". Ele tomou por modelo uma rede sem fio desenvolvida no Havaí conhecida como ALOHAnet, que enviava pacotes de dados através de UHF e sinais de satélite. Além disso, havia uma rede de pacotes de radiotransmissão em San Francisco, conhecida como PRNET, e também uma versão por satélite chamada SATNET. Apesar das semelhanças, essas redes de computação de pacotes não eram compatíveis, nem interoperáveis.

No começo de 1973, Robert Kahn decidiu remediar a situação. Estava convencido de que deveria existir uma forma de permitir que todas as redes se

interconectassem, e ocupava uma posição que lhe dava poderes para fazer essa interconexão. Tinha saído da BBN, onde ajudara a desenvolver os IMPs, para se tornar gerente de projetos do Escritório de Técnicas de Processamento de Informações da Arpa. Tendo trabalhado na Arpanet e depois na PRNET, entendeu que sua missão era criar um sistema para conectá-las, assim como a outras redes de pacotes, objetivo que ele e seus colegas começaram a chamar de *"internetwork"*. Em pouco tempo, a palavra foi abreviada para "internet".

Para seu parceiro nesse empreendimento, Kahn destacou Vint Cerf, que fora companheiro de Steve Crocker no grupo que escrevia pedidos de comentários e concebia os protocolos da Arpanet. Cerf foi criado em Los Angeles, onde o pai trabalhava numa empresa de fabricação de motores para o programa espacial Apollo. Como Gordon Moore, cresceu brincando com kits de química, no tempo em que eram deliciosamente perigosos. "Tínhamos coisas do tipo magnésio em pó, alumínio em pó, enxofre, glicerina e permanganato de potássio", lembra-se ele. "Quando a gente os misturava, pegavam fogo." No quinto ano, estava cansado de matemática, e o professor lhe deu um livro de álgebra do sétimo ano. "Passei o verão todo resolvendo os problemas do livro", contou. "Eu gostava muito da palavra 'problemas', porque eram como pequenos contos policiais. A gente precisava descobrir quem era 'x', e eu sempre tinha a maior curiosidade de saber quem acabaria sendo 'x'." Também mergulhou fundo em ficção científica, sobretudo nas histórias de Robert Heinlein, e desenvolveu o hábito de reler a trilogia *O senhor dos anéis*, de J. R. R. Tolkien, quase todo ano.[102]

Como tinha nascido prematuro, Cerf era deficiente auditivo e começou a usar aparelho aos treze anos. Mais ou menos nessa época também começou a ir de paletó e gravata para a escola, carregando uma pasta. "Eu não queria ser como todo mundo", disse. "Queria ter uma aparência diferente, ser notado. Foi um jeito muito eficaz de conseguir isso, melhor do que usar piercing no nariz, algo que, imaginei, meu pai não teria aceitado nos anos 1950."[103]

No ensino médio, fez amizade com Crocker, e os dois passavam fins de semana juntos, bolando projetos científicos e jogando xadrez em 3-D. Depois de se formar em Stanford e trabalhar dois anos na IBM, foi fazer doutorado na UCLA, onde trabalhou no grupo de Kleinrock. Ali conheceu Bob Kahn, e continuaram amigos íntimos quando Kahn foi trabalhar na BBN e, depois, na Arpa.

Quando Kahn mergulhou na tarefa de construir a *internetwork*, na primavera de 1973, fez uma visita a Cerf e lhe descreveu todas as redes de comutação de pacotes que tinham surgido, além da Arpanet. "Como é que vamos prender esses diferentes tipos de redes de pacote uns aos outros?", perguntou Kahn. Cerf avaliou o desafio, e os dois se lançaram num intenso período de colaboração, que resultaria na criação da internet. "Ele e eu logo nos entendemos sobre isso", diria Kahn mais tarde. "Vint é o tipo do sujeito que gosta de arregaçar as mangas e dizer: Vamos lá. Achei que isso era uma rajada de ar puro."[104]

Começaram organizando uma reunião em Stanford em junho de 1973 para coletar ideias. Como resultado dessa abordagem colaborativa, diria Cerf depois, a solução "acabou sendo o protocolo aberto no qual todo mundo tinha pensado num momento ou noutro".[105] Mas a maior parte do trabalho foi feita numa espécie de dueto entre Kahn e Cerf, que se enfurnaram em intensas reuniões no Rickeys Hyatt House, em Palo Alto, ou num hotel perto do Aeroporto Dulles. "Vint gostava de se levantar e fazer aqueles desenhos de aranha", lembra-se Kahn. "Muitas vezes a conversa ficava indo e vindo e ele dizia: 'Deixe-me fazer um desenho disso'."[106]

Um dia, em outubro de 1973, Cerf fez um rascunho muito simples no saguão de um hotel de San Francisco, codificando a abordagem da dupla. Mostrava várias redes como Arpanet e PRNET, cada uma ligada a vários computadores, e uma série de computadores "porta de comunicação", que transmitiriam pacotes de uma rede para outra. Finalmente, passaram um fim de semana inteiro juntos no escritório da Arpa perto do Pentágono, onde ficaram acordados quase duas noites seguidas, e acabaram num Marriott das proximidades para um triunfal café da manhã.

Eles rejeitaram a noção de que cada rede pudesse manter seu próprio protocolo, apesar de saberem que assim seria mais fácil vender a ideia. Queriam um protocolo comum. Isso permitiria à nova *internetwork* crescer de modo explosivo, uma vez que qualquer computador ou rede que usasse o novo protocolo poderia participar sem precisar de um sistema de tradução. O tráfego entre a Arpanet e qualquer outra rede não poderia ter emendas. Dessa maneira, sugeriram que todos os computadores adotassem o mesmo método e o mesmo *template* para endereçar os pacotes. Era como se todos os cartões-postais do mundo viessem com quatro linhas de endereçamento, especificando número de rua, cidade e país em alfabeto romano.

O resultado foi um protocolo de internet (*internet protocol* — IP), que especificava como colocar o endereço do destinatário no pacote no cabeçalho e ajudava a determinar de que forma ele viajaria através da rede para chegar ao destino. Sobreposto a ele havia um protocolo de controle de transmissão (*transmission control protocol* — TCP) de nível mais alto, que instruía a remontar os pacotes na ordem correta, a verificar se não faltava algum e a solicitar retransmissão de quaisquer informações que se perdessem. Eles ficaram conhecidos como TCP/IP. Kahn e Cerf publicaram-nos numa monografia chamada "A Protocol for Packet Network Interconnection" [Um protocolo para interconexão de redes de pacotes]. A internet tinha nascido.

No vigésimo aniversário da Arpanet, em 1989, Kleinrock, Cerf e muitos outros pioneiros se reuniram na UCLA, onde o primeiro nodo da rede tinha sido instalado. Poemas, canções e versos burlescos foram escritos para comemorar a ocasião. Cerf interpretou uma paródia de Shakespeare, intitulada "Rosencrantz e Ethernet", que elevava ao patamar de dúvida hamletiana a questão de escolher entre

comutação de pacotes e circuitos exclusivos:

o mundo é uma rede! e todos os dados, meros pacotes
que vêm para ser armazenados e encaminhados em filas por um instante
e dos quais depois não se ouve mais falar. É uma rede
que espera ser comutada!

Comutar ou não comutar? Eis a questão:
Pois que é mais sábio na rede, sofrer
O armazenamento e encaminhamento de estocásticas redes,
Ou erguer circuitos contra um mar de pacotes,
E servi-los com exclusividade?[107]

Uma geração depois, em 2014, Cerf foi trabalhar na Google, em Washington, ainda se divertindo, ainda admirado das maravilhas que eles tinham forjado com a criação da internet. Usando o Google Glass, ele comentou que todo ano traz uma novidade. "Redes sociais — entrei no Facebook, a título de experiência —, programas de aplicação financeira, celulares, coisas novas não param de se amontoar na internet", disse. "Ela se multiplicou 1 milhão de vezes. Não há muitas coisas que consigam essa façanha sem quebrar. E, apesar disso, aqueles velhos protocolos que criamos continuam funcionando direitinho."[108]

CRIATIVIDADE EM REDE

Então, quem merece mais reconhecimento público por ter inventado a internet? (Guardem-se as indefectíveis piadas sobre Al Gore. Veremos qual foi seu papel — pois ele teve, sim, um papel — no capítulo 10.) Como acontece no tocante à invenção do computador, a resposta é que se tratou de um caso de criatividade colaborativa. Como Paul Baran explicaria depois aos escritores Katie Hafner e Matthew Lyon, especialistas em tecnologia, usando uma bela imagem que se aplica a toda e qualquer inovação:

> O processo de desenvolvimento tecnológico é como a construção de uma catedral. Ao longo de centenas de anos, surgem novos indivíduos e cada um deles coloca um bloco em cima dos velhos alicerces, dizendo: "Construí uma catedral". No mês seguinte, outro bloco é colocado em cima do anterior. Então chega o historiador com a seguinte pergunta: "E então, quem construiu a

> catedral?". Peter acrescentou algumas pedras aqui, Paul, mais outras ali. Se não tiver cuidado, você pode ser levado a acreditar que fez a parte mais importante. Mas a realidade é que cada contribuição tem que se seguir à contribuição anterior. Tudo está amarrado a tudo.[109]

A internet foi construída em parte pelo governo, em parte por empresas privadas, mas na essência ela é criação de um grupo não muito fechado de acadêmicos e hackers, que trabalhavam em pé de igualdade trocando livremente suas ideias criativas. O resultado desse compartilhamento entre colegas foi uma rede que facilitou o compartilhamento entre colegas. E não por mera casualidade. A internet foi construída na crença de que o poder deveria ser distribuído, em vez de centralizado, e de que quaisquer ditames autoritários deveriam ser burlados. Como disse Dave Clark, um dos primeiros participantes da Força-Tarefa de Engenharia da Internet, "rejeitamos reis, presidentes, eleições. Acreditamos em opinião dominante no grupo e código de tempo de execução".[110] O resultado foi uma área comum interconectada em rede, um lugar onde as inovações poderiam nascer da terceirização coletiva e de códigos abertos.

A inovação não é empreendimento solitário, e a internet é um excelente exemplo disso. "Com as redes de computadores, a solidão da pesquisa é suplantada pela riqueza da pesquisa compartilhada", proclamou o primeiro número de *Arpanet News*, o novo boletim oficial da rede.

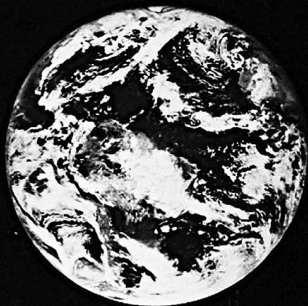
Os pioneiros da rede J. C. R. Licklider e Bob Taylor perceberam que a internet, pela maneira como foi construída, tinha uma tendência inerente a incentivar as conexões entre colegas e a formação de comunidades on-line. Isso abria belas possibilidades. "A vida será mais feliz para o indivíduo on-line, porque as pessoas com quem ele interage de modo mais estreito serão selecionadas mais pelos interesses e objetivos comuns do que por acidentes de proximidade", escreveram, numa monografia visionária intitulada "The Computer as a Communication Device" [O computador como dispositivo de comunicação], em 1968. Seu otimismo beirava o utopismo. "Haverá abundantes oportunidades para todos (que tenham condições de adquirir um console) encontrarem sua vocação, pois todo o mundo das informações, com todos os seus campos e disciplinas, estará aberto para cada um."[111]

Mas isso não aconteceu de imediato. Quando a internet foi criada, em meados dos anos 1970, ainda faltavam algumas outras inovações para que ela se tornasse uma ferramenta de transformação. Continuava a ser uma comunidade fechada, acessível basicamente a pesquisadores de instituições militares e acadêmicas. Só no começo dos anos 1980 equivalentes civis da Arpanet foram totalmente abertas, e outra década ainda seria necessária para que a maioria dos usuários domésticos pudesse entrar nela.

Havia, além disso, um grande fator de limitação: as únicas pessoas que podiam usar a internet eram aquelas que tinham acesso ao teclado dos computadores, que

ainda eram grandes, amedrontadores, caros e algo que não se podia comprar na loja de eletrônicos da esquina. A era digital só poderia se tornar de fato transformadora quando os computadores se tornassem realmente pessoais.

Ken Kesey (1935-2001) com uma flauta, no teto do ônibus.

Stewart Brand (1938-).

O primeiro número, outono de 1968.

* Em 2010, as despesas federais em pesquisa tinham caído para a metade do que foi gasto pela indústria privada.
** O governo mudou várias vezes de ideia sobre se deveria haver um "D" (de "Defense" [Defesa]) no acrônimo. A agência foi criada em 1958 como Arpa. Foi renomeada Darpa em 1972, e então voltou a ser Arpa em 1993, e depois se tornou Darpa de novo em 1996.
*** Um transformador de alta frequência que pode pegar uma voltagem comum, como os 120 volts de uma tomada americana e ampliá-la até supervoltagens, geralmente descarregando energia em arcos elétricos arrojados.

8. O computador pessoal

"COMO PODEMOS PENSAR"

A ideia de um computador *pessoal*, que pessoas comuns pudessem pegar e levar para casa, foi concebida em 1945 por Vannevar Bush. Depois de construir seu grande computador analógico no MIT e ajudar a criar o triângulo militar-industrial-acadêmico, ele escreveu um ensaio para a edição de julho de 1945 da *Atlantic* intitulado "As We May Think" [Como podemos pensar].[1a] Nesse texto, ele imaginava a possibilidade de uma máquina pessoal, que chamou de *memex*, que armazenaria e recuperaria palavras, fotos e outras informações de alguém:

> Considere-se um futuro dispositivo para uso individual, uma espécie de arquivo e biblioteca privados mecanizados [...]. Um memex é um dispositivo em que um indivíduo armazena todos os seus livros, documentos e comunicações, e é mecanizado, podendo portanto ser consultado com inigualável rapidez e flexibilidade. É um suplemento íntimo ampliado de sua memória.

A palavra "íntimo" era importante. Bush e seus seguidores concentraram-se em formas de estabelecer relações pessoais, estreitas, entre homem e máquina.

Bush imaginava que o dispositivo teria um mecanismo de "entrada direta", como, por exemplo, um teclado, para que se pudesse inserir informações e registros pessoais em sua memória. Até previu links de hipertexto, arquivos compartilhados e maneiras de colaborar em projetos. "Formas novas de enciclopédias aparecerão, já trazendo uma malha de trilhas associativas dentro delas, prontas para serem jogadas no memex e ali amplificadas", escreveu ele, visualizado a Wikipedia com meio século de antecedência.

Como se viu, os computadores não emergiram da forma prevista por Bush, pelo menos não no início. Em vez de ferramentas pessoais e bancos de memória para uso individual, eles se tornaram desajeitados colossos industriais e militares, que pesquisadores poderiam compartilhar, mas que as pessoas comuns não podiam sequer tocar. Pelo fim dos anos 1970, empresas inovadoras como a DEC fabricavam minicomputadores do tamanho de geladeiras pequenas, mas rejeitavam a ideia de que haveria mercado para modelos desktop, que pudessem ser adquiridos e operados por gente comum. "Não consigo imaginar um motivo para que alguém queira ter seu próprio computador", declarou Ken Olsen, presidente da DEC, numa reunião de maio de 1974, na qual seu comitê de operações debatia se convinha ou não criar uma versão menor do seu PDP-8 para consumidores individuais.[2] Como resultado disso, a revolução do computador pessoal, quando surgiu em meados dos anos 1970, foi encabeçada por empreendedores mal-ajambrados, em pequenos centros comerciais e garagens, que fundavam empresas com nomes como Altair e Apple.

O FERMENTO CULTURAL

O computador pessoal tornou-se possível graças a numerosos avanços tecnológicos, em especial o microprocessador, um circuito entalhado num chip minúsculo que integrava todas as funções da unidade de processamento central de um computador. Mas forças sociais também ajudam a provocar e moldar inovações, que, por sua vez, recebem a marca do meio cultural onde surgiram. Raramente houve amálgama cultural mais potente do que aquele que apareceu de repente na área da baía de San Francisco a partir dos anos 1960 e que acabou se revelando maduro para produzir computadores de fermentação caseira.

Quais eram as tribos que formavam esse amálgama cultural?[3] Ele começou com os engenheiros usando protetores de bolso que migraram para a região com o crescimento das empresas fornecedoras do Departamento de Defesa, como Westinghouse e Lockheed. Em seguida desenvolveu-se uma cultura que enfatizava a necessidade de fundar a própria empresa, exemplificada pela Intel e pela Atari, onde a

criatividade era incentivada e a burocracia imbecilizante era desprezada. Os hackers que se mudaram para o oeste, oriundos do MIT, levaram consigo um desejo de ter acesso direto a computadores em que pudessem tocar e com os quais pudessem brincar. Havia também uma subcultura na qual fervilhavam *wireheads*, *phreakers* e hobbistas que adoravam hackear as linhas telefônicas da Bell System ou os computadores de tempo compartilhado das grandes corporações. E irradiando-se de San Francisco e Berkeley espalhavam-se idealistas e organizadores de comunidades, em busca de maneiras, nas palavras de um deles, Liza Loop, "de cooptar avanços tecnológicos para fins progressistas, e dessa forma triunfar sobre a mentalidade burocrática".[4]

A essa mistura somavam-se três fios de contracultura. Havia os hippies, nascidos da geração beat da Área da Baía, cuja alegre rebeldia era insuflada por psicodélicos e pelo rock. Havia os ativistas da Nova Esquerda, que geraram o Movimento pela Liberdade de Expressão, em Berkeley, e os protestos contra a guerra em campi do mundo inteiro. E intercalados neles havia os comunalistas da Whole Earth, que acreditavam em controlar as próprias ferramentas, compartilhar recursos e resistir ao conformismo e à autoridade centralizada impostos pelas elites do poder.

Por mais diferentes que essas tribos fossem entre si, seus mundos se mesclavam e elas compartilhavam valores. Todas aspiravam a uma criatividade baseada na própria iniciativa, alimentada pela tradição de construir rádios Heathkit quando crianças, pela leitura do *Whole Earth Catalog* na faculdade e pela fantasia de, num momento qualquer do futuro, ir viver numa comunidade. Partilhavam também a arraigada crença, muito americana, tão mal compreendida por Tocqueville, de que o individualismo e o desejo de formar associações eram totalmente compatíveis, até complementares, sobretudo quando envolviam colaboração criativa. Nos Estados Unidos, a cultura de reunir-se para aprender fazendo, desde os tempos da construção comunitária de galpões e das mulheres que se juntavam para fabricar colchas de retalhos, em geral estava mais para "façamos nós mesmos" do que para "faça você mesmo". Além disso, muitas dessas tribos da Área da Baía do fim dos anos 1960 compartilhavam uma resistência às elites do poder e um desejo de controlar seu próprio acesso às informações. A tecnologia deveria ser aberta, acessível e festiva, e não assustadora, misteriosa e orwelliana. Como disse Lee Felsenstein, encarnação de muitos desses fios culturais, "queríamos que houvesse computadores pessoais, para nos libertarmos das restrições das instituições, fossem governamentais, fossem corporativas".[5]

Ken Kesey foi uma inspiração do fio hippie dessa tapeçaria cultural. Depois de formar-se na Universidade do Oregon, ele se mudou para a Área da Baía em 1958, para fazer pós-graduação no programa de escrita criativa de Stanford. Ali, foi trabalhar

de noite num hospital psiquiátrico e inscreveu-se como cobaia numa série de experiências financiadas pela CIA, o Projeto MKUltra, que testava os efeitos da droga psicodélica LSD. Kesey acabou gostando da droga — gostando muito. A inflamável combinação de escrita criativa, consumo de ácido por dinheiro e trabalho de assistente num manicômio teve como resultado seu primeiro romance, *Um estranho no ninho*.

Enquanto outros criavam empresas de eletrônica na área em torno de Stanford, Kesey usou os proventos do livro, mais algum ácido que conseguira pilhar das experiências da CIA, para formar uma comunidade de hippies pioneiros chamada Merry Pranksters. Em 1964, ele e o grupo lançaram-se numa odisseia psicodélica através do país, num velho ônibus escolar da marca International Harvester, apelidado de "Furthur" (grafia errada de Further, logo corrigida) pintado de cores fluorescentes.

Ao voltar, Kesey começou a organizar uma série de Testes do Ácido em sua casa, e no fim de 1965 decidiu, levando em conta que era empreendedor e hippie, torná-los públicos. Um dos primeiros ocorreu naquele mês de dezembro, em Big Ng's, um clube musical em San Jose. Kesey contratou uma banda comandada por Jerry Garcia, que se apresentava em bares, e acabara de mudar de nome, de Warlocks para Grateful Dead.[6] O *flower power* tinha nascido.

Ao mesmo tempo, surgiu um fenômeno cultural associado, o movimento pela paz, que compartilhava esse espírito rebelde. A confluência de sensibilidades hippie e antiguerra resultou em memoráveis artefatos de época, divertidos quando vistos muito tempo depois, mas considerados profundos na ocasião, como pôsteres psicodélicos com a exortação "Faça amor, não faça guerra" e camisetas estilo *tie-dye* ostentando símbolos pacifistas.

Os movimentos hippie e antiguerra viam os computadores com desconfiança, pelo menos no início. Os computadores de grande porte, pesadões, com fitas zunindo e luzes piscando, eram vistos como desumanizantes e orwellianos, ferramentas do Mundo Empresarial Americano, do Pentágono e da Estrutura do Poder. Em *The Myth of the Machine* [O mito da máquina], o sociólogo Lewis Mumford advertia que a ascensão dos computadores poderia significar que "o homem se tornará um animal passivo, sem sentido, condicionado pelas máquinas".[7] Em protestos pacifistas e comunidades hippies, de Sproul Plaza em Berkeley a Haight-Ashbury em San Francisco, o aviso "Não dobre, enrole ou mutile", impresso em cartões perfurados, tornou-se um irônico slogan.

Mas no início dos anos 1970, quando a possibilidade de computadores *pessoais* surgiu, as opiniões começaram a mudar. "A computação deixou de ser rejeitada como ferramenta de controle burocrático e passou a ser adotada como símbolo de expressão e libertação individuais", escreveu John Markoff em sua história da época, *What the Dormouse Said* [O que o rato silvestre disse].[8] Em *O renascer da America: A revolução dos jovens*, que serviu de manifesto da nova era, um professor de Yale, Charles Reich, denunciou as velhas hierarquias corporativas e sociais, clamando que elas fossem substituídas por novas estruturas que incentivassem a colaboração e o fortalecimento

pessoal. Em vez deplorar os computadores como ferramentas da velha estrutura de poder, Reich sustentava que eles podiam contribuir para uma mudança de consciência social, se fossem mais personalizados: "A máquina, uma vez construída, pode agora ser usada com fins humanos, para que o homem, mais uma vez, possa se tornar uma força criativa, renovando e recriando a própria vida".[9]

Começou a surgir um tecnotribalismo. Gurus tecnológicos, como Norbert Wiener, Buckminster Fuller e Marshall McLuhan tornaram-se leitura obrigatória em comunidades e dormitórios. Nos anos 1980, o evangelista do LSD Timothy Leary atualizaria seu famoso mantra "*Turn on, tune in, drop out*" [Se ligar, sintonizar, pular fora] para "*Turn on, boot up, jack in*" [Ligar, inicializar, conectar-se].[10] Em 1967, Richard Brautigan era o poeta em residência no Caltech, e naquele ano ele captou bem o novo espírito característico da época num poema, "All Watched Over by Machines of Loving Grace" [Máquinas de amorosa graça a velar por todos].[11] Começava assim:

> *Gosto de imaginar*
> (*e quanto antes, melhor!*)
> *um prado cibernético,*
> *onde mamíferos e computadores*
> *vivem em harmonia*
> *mutuamente programável,*
> *como água pura*
> *tocando céu claro.*

STEWART BRAND

A pessoa que melhor personificou e incentivou com mais entusiasmo essa conexão entre *techies* e hippies foi um sujeito magricela, de sorriso cheio de dentes, chamado Stewart Brand, que surgiu como um duende desengonçado no ponto de interseção de vários movimentos culturais divertidos ao longo de muitas décadas. "O desprezo da contracultura pela autoridade centralizada forneceu os alicerces filosóficos de toda a revolução do computador pessoal", escreveu ele em 1995 num texto publicado pela revista *Time* sob o título "We Owe It All to the Hippies" [Devemos tudo aos hippies].

> O comunalismo e a política libertária dos hippies foram as raízes da ciber-revolução moderna [...]. A maior parte da nossa geração desprezava computadores, como símbolos do controle centralizado. Mas um minúsculo contingente — que viria a ser chamado depois de "hackers" — adotou os

> computadores e começou a transformá-los em ferramentas de libertação. Este acabou sendo o caminho mais fácil e direto para o futuro [...] jovens programadores de computador, que de maneira deliberada conduziram o resto da civilização para longe dos computadores de grande porte centralizados.[12]

Brand nasceu em 1938 em Rockford, Illinois, onde o pai era sócio de uma agência de publicidade, e, como tantos outros pais de empreendedores da área digital, radioamador. Depois de se formar em biologia em Stanford, onde fazia o curso do Corpo de Treinamento de Oficiais da Reserva, Brand serviu dois anos como oficial de infantaria, o que incluiu treinamento aerotransportado e um período como fotógrafo do Exército. E a seguir começou uma vida alegre ziguezagueando entre diferentes comunidades, naquele emocionante ponto de convergência onde arte e tecnologia se misturam.[13]

Como talvez fosse de esperar, a vida nesse limite tecnocriativo acabou levando Brand a ser um dos primeiros a experimentarem LSD. Depois de ser apresentado à droga num ambiente pseudoclínico, perto de Stanford, em 1962, ele se tornou frequentador habitual das reuniões da comunidade Merry Pranksters, de Kesey. Era também fotógrafo, técnico e produtor de um projeto de arte colaborativa de multimídia chamado USCO, que produzia eventos envolvendo *acid* rock, prestidigitação tecnológica, luzes estroboscópicas, imagens projetadas e apresentações com participação da plateia. De vez em quando, eles organizavam palestras proferidas por Marshall McLuhan, Dick Alpert e outros profetas da nova era. Um material promocional do grupo anunciava que ele unia "os cultos de misticismo e tecnologia para servir de base à introspecção e à comunicação", frase que descreve com propriedade o credo dos tecnoespiritualistas. A tecnologia era uma ferramenta de expressão, que podia ampliar os limites da criatividade e, como as drogas e o rock, ser rebelde.

Para Brand, o slogan "O poder para o povo" dos protestos dos anos 1960 começava a soar vazio quando usado por ativistas políticos da Nova Esquerda, mas os computadores ofereciam uma verdadeira oportunidade de fortalecimento individual. "O poder para o povo era uma mentira romântica", diria mais tarde. "Os computadores fizeram muito mais do que a política para mudar a sociedade."[14] Ele visitou o Laboratório de Inteligência Artificial de Stanford e escreveu um artigo para a *Rolling Stone* em 1972 chamando-o de "o lugar mais agitado em que estive desde os Testes do Ácido da Merry Prankster". Essa combinação de contracultura e cibercultura era, como ele percebeu, a receita para uma revolução digital. "Os esquisitinhos que projetam a ciência da computação" tirariam o poder das "instituições ricas e poderosas", escreveu. "Preparadas ou não, os computadores estão chegando às pessoas. Boa notícia, talvez a melhor desde a psicodelia." Essa visão utópica, acrescentou, estava "de acordo com as fantasias românticas dos ancestrais da ciência,

como Norbert Wiener, J. C. R. Licklider, John von Neumann e Vannevar Bush”.[15]

Todas essas experiências levaram Brand a se tornar o empresário e *techie* de um dos eventos seminais da contracultura dos anos 1960, o Trips Festival, em janeiro de 1966, no Longshoreman’s Hall, em San Francisco. Depois das alegrias dos Testes do Ácido, realizados toda semana ao longo de dezembro, Brand propôs a Kesey uma versão em escala maior com duração de três dias. A espetacular produção começou com o próprio grupo de Brand, America Needs Indians, apresentando um *“sensorium”* que incluía um show de luzes high-tech, projetores de slides, música e dançarinos nativos americanos. Depois veio o que o programa descrevia como “revelações, audioprojeções, a explosão interminável, o congresso de maravilhas, projeções líquidas e jazz *mice*”. E isso só na noite de abertura. Quem deu o pontapé inicial na noite seguinte foi Kesey, que tinha sido preso por posse de drogas poucos dias antes no telhado de Brand em North Beach, mas estava em liberdade sob fiança, e orquestrou o evento de cima de um andaime. As atrações eram os Merry Pranksters e sua Psychedelic Symphony, Big Brother and the Holding Company, o Grateful Dead e membros da gangue de motoqueiros dos Hell’s Angels. O escritor Tom Wolfe tentou recapturar a essência tecnodélica em *O teste do ácido do refresco elétrico*, sua inspiradora obra de Novo Jornalismo:

> Luzes e filmes percorrendo a sala; cinco projetores de cinema ligados, e Deus sabe quantas máquinas de luzes, interferometrias, os mares intergalácticos de ficção científica sobre as paredes, alto-falantes por toda parte do salão como candelabros chamejantes, luzes estroboscópicas explodindo, luzes negras com objetos pintados com tinta fluorescente embaixo, e tinta fluorescente para quem quisesse pintar, lâmpadas de rua em todas as entradas piscando em vermelho e amarelo, e uma tropa de moças esquisitas de collant, saltando pelos lados com apitos altíssimos.

A última noite festejou a tecnologia com ainda mais ênfase. “Uma vez que o elemento comum de todos os shows é a ELETRICIDADE, esta noite será programada ao vivo com estímulos fornecidos por uma MÁQUINA DE PINBALL”, avisava o programa, em tom de exaltação. “O público é convidado a usar ROUPAS EXTÁTICAS e a trazer suas próprias ENGENHOCAS (haverá tomadas disponíveis).”[16]

Sim, a combinação de drogas, rock e tecnologia do Trips Festival — *ácido e tomadas!* — era dissonante. Mas acabou sendo, de modo significativo, uma exibição perfeita da fusão que moldou a era do computador pessoal: tecnologia, contracultura, empreendedorismo, engenhocas, música, arte e engenharia. De Stewart Brand a Steve Jobs, esses ingredientes formaram uma onda de inovadores da Área da Baía

que se sentiam confortáveis na interface do Vale do Silício com Haight-Ashbury. "O Trips Festival assinalou a emergência de Stewart Brand como empresário contracultural — mas num molde profundamente tecnocrático", escreveu o historiador da cultura Fred Turner.[17]

Um mês depois do Trips Festival, em fevereiro de 1966, Brand estava sentado em seu telhado de cascalho em North Beach, San Francisco, desfrutando os efeitos de cem microgramas de LSD. Fitando a linha do horizonte, refletia sobre uma coisa que Buckminster Fuller tinha dito: nossa percepção de que o mundo é plano e ilimitado, e não redondo e pequeno, se deve ao fato de não o termos visto nunca do espaço lá fora. Instigado pelo ácido, ele se deu conta, de maneira intuitiva, da pequenez da Terra e da importância de outras pessoas também terem consciência disso. "Era preciso divulgar esse fundamental ponto de alavancagem dos males do mundo", lembra-se ele. "Uma foto seria suficiente — uma foto colorida da Terra vista do espaço. Ali estaria, para qualquer um ver, a Terra completa, minúscula, à deriva, e ninguém jamais voltaria a perceber as coisas da mesma maneira."[18] Isso incentivaria, acreditava ele, o pensamento no conjunto, a empatia por todos os habitantes do planeta e o desenvolvimento de um senso de conectividade.

Ele decidiu convencer a Nasa a tirar a foto. Com a sabedoria não convencional que vem do ácido, produziu centenas de broches para que as pessoas, na era pré-Twitter, pudessem divulgar a boa-nova. "Por que até agora não vimos uma foto da Terra inteira?", diziam os broches. Seu plano chegava a ser ridículo, de tão simples:

> Preparei um cartaz ambulante fluorescente com uma pequena prateleira de venda na frente, vesti um macacão branco, botas e cartola com coração de cristal e flor, e fui fazer minha estreia no Sather Gate da Universidade da Califórnia em Berkeley, vendendo meus broches por 25 centavos.

Funcionários da universidade lhe fizeram o favor de expulsá-lo do campus, o que motivou uma reportagem no *San Francisco Chronicle*, ajudando a dar publicidade à sua cruzada de um homem só. Ele levou essa cruzada para outras faculdades do país, indo acabar em Harvard e no MIT. "Quem diabos é esse sujeito?", perguntou um chefe de departamento do MIT, ao ver Brand improvisar uma palestra enquanto vendia broches. "Meu irmão", disse Peter Brand, instrutor do MIT.[19]

Em novembro de 1967, a Nasa cedeu. Seu satélite ATS-3 tirou uma foto da Terra de uma altura de 33800 quilômetros, que serviu como ilustração de capa e inspiração para o título do próximo empreendimento de risco de Brand, o *Whole Earth Catalog*. Como o nome sugere, era (ou pelo menos usava o disfarce de) um catálogo, mas um catálogo que, de forma astuta, apagava a distinção entre consumismo

e comunalismo. O subtítulo dizia "Acesso às Ferramentas" e combinava em si as sensibilidades da contracultura que pregava a volta à terra e o objetivo de fortalecimento do indivíduo. Brand escreveu na primeira página da primeira edição:

> Um reino de poder íntimo e pessoal está se desenvolvendo — poder para o indivíduo conduzir sua própria educação, descobrir sua própria inspiração, dar forma a seu próprio ambiente e dividir essa aventura com qualquer um que esteja interessado. As ferramentas para facilitar esse processo são buscadas e promovidas pelo *Whole Earth Catalog*.

Buckminster Fuller veio em seguida, com um poema que começava assim: "Vejo Deus nos instrumentos e mecanismos que funcionam de forma confiável". A primeira edição apresentava itens como o livro *Cybernetics*, de Norbert Wiener, e uma calculadora HP programável, além de jaquetas de camurça e miçangas. A premissa subjacente era que o amor à terra e o amor à tecnologia (e às compras) podiam coexistir, que os hippies deveriam trabalhar com os engenheiros e que o futuro deveria ser um festival onde tomadas seriam fornecidas.[20]

A abordagem de Brand não era política no sentido Nova Esquerda. Não era sequer antimaterialista, levando em conta o enaltecimento de jogos e engenhocas que se poderia comprar. Mas ele conseguiu juntar, melhor do que ninguém, muitos dos fios culturais daquele período, dos hippies usuários de ácido a engenheiros e idealistas comunalistas que tentavam resistir ao controle centralizado da tecnologia. "Brand fez o trabalho de marketing em favor do conceito do computador pessoal através do *Whole Earth Catalog*", disse o amigo Lee Felsenstein.[21]

DOUGLAS ENGELBART

Pouco depois que a primeira edição do *Whole Earth Catalog* foi publicada, Brand ajudou a produzir um happening que foi como um estranho eco de sua tecnocoreografia do Trips Festival de janeiro de 1966. Apelidado de "a Mãe de Todas as Demonstrações", o vistoso espetáculo de dezembro de 1968 tornou-se tão fecundo para a cultura do computador pessoal quanto o Trips Festival o fora para a cultura hippie. Ele aconteceu porque, como um ímã, Brand naturalmente atraía e se ligava a pessoas interessantes. Dessa vez, foi um engenheiro chamado Douglas Engelbart, que convertera em paixão da sua vida a busca de formas para fazer o computador aumentar a inteligência humana.

O pai de Engelbart, um engenheiro elétrico, tinha uma loja em Portland, Oregon, onde vendia e consertava rádios; o avô, que operava usinas hidrelétricas no noroeste do Pacífico, gostava de levar a família em visitas às gigantescas instalações,

para mostrar como as turbinas e os geradores funcionavam. Foi natural, portanto, que Engelbart desenvolvesse uma paixão pela eletrônica. No ensino médio, soube que a Marinha tinha um programa, envolto num véu de sigilo, para treinar técnicos numa nova e misteriosa tecnologia chamada radar. Estudou com afinco para garantir uma vaga — e a garantiu.[22]

Seu grande despertar veio quando servia na Marinha. Ele embarcou num navio que partiu de um ponto logo ao sul de Bay Bridge, em San Francisco, e quando trocavam acenos de despedida o serviço de alto-falantes anunciou que os japoneses tinham se rendido e a Segunda Guerra Mundial acabara. "Todo mundo gritou", contou Engelbart. "Meia-volta! Vamos voltar e comemorar!" Mas o navio seguiu em frente "nevoeiro adentro, para dentro do enjoo do mar", até o golfo Leyte, nas Filipinas.[23] Na ilha de Leyte, Engelbart se isolava sempre que possível numa biblioteca da Cruz Vermelha, instalada num casebre de palha sobre palafitas. Ali, ficou encantado com um texto da revista *Life* fartamente ilustrado, na verdade uma republicação do artigo escrito por Vannevar Bush para a *Atlantic*, "Como podemos pensar", que descrevia a visão de um sistema pessoal de informações chamado memex.[24] "O conceito de ajudar as pessoas a trabalhar e pensar daquele jeito simplesmente me deixou agitado", lembrou.[25]

Depois de servir na Marinha, Engelbart se formou em engenharia na Universidade do Estado de Oregon e foi trabalhar no precursor da Nasa no Centro de Pesquisa Ames, no Vale do Silício. Penosamente tímido, ingressou numa escola de dança popular grega no Centro Comunitário de Palo Alto, na esperança de conhecer sua futura mulher, o que acabou acontecendo. Um dia, depois do noivado, ele estava indo de carro para o trabalho quando sentiu uma apreensão assustadora, daquelas capazes de mudar a vida: "Cheguei ao escritório com a nova consciência de que não tinha objetivos morais".[26]

Nos dois meses seguintes, dedicou-se com assiduidade à tarefa de encontrar um projeto de vida que valesse a pena. "Examinei todas as cruzadas de que as pessoas podiam participar, para descobrir como me reeducar." O que o deixou mais impressionado foi constatar que qualquer esforço para melhorar o mundo era complexo. Pensou nas pessoas que tentavam erradicar a malária, ou aumentar a produção de alimentos em áreas pobres, e descobriu que isso conduziria, por sua vez, a outro complexo conjunto de questões, como a superpopulação e a erosão do solo. Para ter êxito em qualquer projeto ambicioso, seria preciso avaliar todas as intricadas ramificações de uma ação, pesar probabilidades, compartilhar informações, organizar pessoas e muito mais. "Então, um dia, me veio à cabeça — BOOM — que a *complexidade* era uma coisa fundamental", lembrou. "E tudo de repente se tornou claro e compreensível. Se de alguma forma fosse possível ajudar de maneira significativa o ser humano a lidar com a complexidade e com a urgência, isso poderia ter utilidade universal."[27] Um empreendimento dessa natureza não trataria apenas de um problema mundial específico; ele daria às pessoas os meios de enfrentar *qualquer*

problema.

Engelbart concluiu que a melhor maneira de ajudar as pessoas a lidar com a complexidade era parecida com a que Bush tinha proposto. Enquanto tentava imaginar um jeito de transmitir informações em telas gráficas em tempo real, o que aprendera sobre radares veio a calhar. "Em menos de uma hora me imaginei sentado diante de uma grande tela de tubo de raios catódicos cheia de símbolos", recordou, "e com isso era possível mandar o computador fazer qualquer coisa."[28] Naquele dia ele se lançou numa missão para descobrir como as pessoas poderiam retratar em termos visuais o pensamento que tinham e vinculá-lo a outras pessoas, para que elas pudessem colaborar — em outras palavras, computadores interativos em rede com visores gráficos.

Isso aconteceu em 1950, cinco anos antes de Bill Gates e Steve Jobs nascerem. Nem mesmo os primeiríssimos computadores comerciais, como o UNIVAC, estavam disponíveis ao público. Mas Engelbart aderiu por completo à visão de Bush de que algum dia as pessoas teriam seus próprios terminais, que poderiam ser usados para manipular, armazenar e compartilhar informações. Essa vasta concepção precisava de um nome grandioso à altura, e Engelbart sugeriu *inteligência aumentada*. Para atuar como explorador de rotas nessa missão, ele se matriculou em Berkeley, a fim de estudar informática, obtendo seu doutorado em 1955.

Engelbart era dessas pessoas capazes de projetar uma intensa energia falando num tom estranhamente monocórdio. "Quando sorri, o rosto fica vagamente ansioso e pueril, mas, uma vez que a força de seu entusiasmo diminui e ele faz uma pausa para refletir, os pálidos olhos azuis parecem exprimir tristeza e solidão", disse um amigo íntimo. "A voz, quando nos cumprimenta, é baixa e suave, como se abrandada por um longo percurso percorrido. O homem tem qualquer coisa de acanhado mas afetuoso, qualquer coisa de gentil mas obstinado."[29]

Falando com mais franqueza, Engelbart por vezes dava a impressão de não ter nascido neste planeta, o que lhe criou dificuldades para conseguir financiamento para seu projeto. Ele por fim foi contratado em 1957 para trabalhar em sistemas de armazenamento magnético no Instituto de Pesquisa de Stanford (SRI), centro independente, sem fins lucrativos, estabelecido pela universidade em 1946. Um assunto muito debatido no SRI era a inteligência artificial, em especial a tentativa de criar um sistema que imitasse as redes neurais do cérebro humano.

Mas a busca da inteligência artificial não entusiasmava Engelbart, que nunca perdia de vista a missão de aumentar a inteligência humana criando máquinas como o memex de Bush, que pudessem trabalhar estreitamente com pessoas e ajudá-las a organizar informações. Esse objetivo, diria ele depois, nasceu do respeito pela "engenhosa invenção" que era a mente humana. Em vez de tentar replicá-la numa máquina, Engelbart esforçava-se para descobrir como "o computador poderia interagir

com as diferentes capacidades com as quais já nascemos”.[30]

Durante anos ele trabalhou nos rascunhos de uma monografia em que descrevia sua visão, estendendo-se por 45 mil palavras, o tamanho de um livro pequeno. Publicou-a como um manifesto em outubro de 1962, com o título “Augmenting Human Intellect” [Aumentando o intelecto humano]. Começou explicando que seu intuito não era substituir o pensamento humano pela inteligência artificial. Em vez disso, dizia que os talentos intuitivos da mente humana deveriam ser combinados com as capacidades de processamento das máquinas para produzir

> um campo integrado onde pressentimentos, experimentos, intangíveis e a “compreensão humana das situações” coexistam de maneira proveitosa com poderosos conceitos, terminologia e anotações eficientes, métodos sofisticados e auxiliares eletrônicos de alta potência.

Com penosos detalhes, deu muitos exemplos da possível simbiose entre seres humanos e computadores, como o arquiteto que usa um computador para projetar um prédio e o profissional que prepara um relatório ilustrado.[31]

Enquanto trabalhava na dissertação, Engelbart escreveu uma carta de admirador para Vannevar Bush, e usou uma seção inteira do texto para descrever a máquina memex.[32] Dezessete anos depois de Bush ter escrito “Como podemos pensar”, ainda soava radical seu conceito de que seres humanos e computadores deveriam interagir em tempo real, por intermédio de interfaces simples, incluindo telas gráficas, indicadores e dispositivos de entrada. Engelbart ressaltava que seu sistema não seria apenas para matemática: “Todos aqueles que pensem com conceitos simbólicos (seja na forma de língua inglesa, pictografia, lógica formal ou matemática) deverão poder tirar significativo proveito”. Ada Lovelace teria vibrado de emoção.

O tratado de Engelbart apareceu no mês em que Licklider, que tinha explorado os mesmos conceitos dois anos antes em seu ensaio “Man-Computer Symbiosis” [Simbiose homem-computador], assumiu o Escritório de Técnicas de Processamento de Informação da Arpa. Parte do trabalho de Licklider no novo emprego consistia em conceder verbas federais para promover projetos. Engelbart entrou na fila. “Eu estava parado na porta com esse relatório de 1962 e uma proposta”, lembrou. “Pensava comigo: ‘Bem, com tudo isso que ele anda dizendo que quer fazer, não tem como me recusar’.”[33] E não teve, de modo que Engelbart conseguiu uma verba da Arpa. Bob Taylor, que na época trabalhava na Nasa, também concedeu financiamento a Engelbart. Foi assim que ele pôde criar seu próprio Augmentation Research Center no SRI. O centro seria outro exemplo de como o financiamento de pesquisa especulativa pelo governo pode dar um retorno centenas de vezes maior em aplicações práticas.

O MOUSE E O NLS

A verba da Nasa liberada por Taylor deveria ser aplicada na realização de um projeto isolado, e Engelbart decidiu usá-la para descobrir um jeito simples de permitir que seres humanos interagissem com máquinas.[34] "Vamos tentar alguns dispositivos para fazer seleção numa tela", sugeriu ele ao colega Bill English.[35] Sua intenção era encontrar a maneira mais simples de usar um indicador e selecionar alguma coisa numa tela. Dezenas de opções para movimentar um cursor estavam sendo experimentadas por pesquisadores, incluindo canetas luminosas, joysticks, *trackballs* [mouses estacionários], tablets com estilos e até um que os usuários deveriam controlar com os joelhos. Engelbart e English testaram todos. "Medíamos o tempo que cada usuário levava para movimentar o cursor até o objeto", disse Engelbart.[36] Canetas luminosas pareciam as mais simples, por exemplo, mas exigiam que o usuário as pegasse e largasse toda vez que precisasse delas, o que era cansativo.

Eles fizeram um gráfico de todas as vantagens e desvantagens de cada dispositivo, o que ajudou Engelbart a imaginar dispositivos que ainda não tinham sido concebidos. "Assim como as réguas da tabela periódica levaram à descoberta de elementos até então desconhecidos, essa grade definiu, em última análise, as características desejáveis de um dispositivo que ainda não existia", disse ele. Certo dia, em 1961, ele participava de uma conferência quando começou a devanear. Lembrou-se de um dispositivo mecânico que o fascinara no colégio, um planímetro, que podia medir a área de um espaço deslocando-se sobre seu perímetro. Usava duas rodas perpendiculares, uma horizontal e outra vertical, para determinar a distância que percorria em cada direção. "Bastou pensar nessas duas rodas, e logo, logo foi muito simples visualizar o resto, e fiz um esboço", lembrou.[37] Ele mostrou em sua caderneta como o dispositivo rolaria em volta de um desktop, com suas duas rodas registrando altas e baixas voltagens quando deslocadas em cada direção. A voltagem poderia ser transmitida através de um fio para a tela do computador a fim de movimentar um cursor para cima e para baixo, para a frente e para trás.

O resultado, ao mesmo tempo simples e profundo, foi uma clássica expressão física do ideal de aumento e do imperativo de participação ativa. Usava o talento humano de coordenação entre a mente, a mão e o olho (coisas que os robôs não sabem fazer bem) para fornecer uma interface natural com um computador. Em vez de atuarem de modo independente, seres humanos e máquinas atuariam em harmonia.

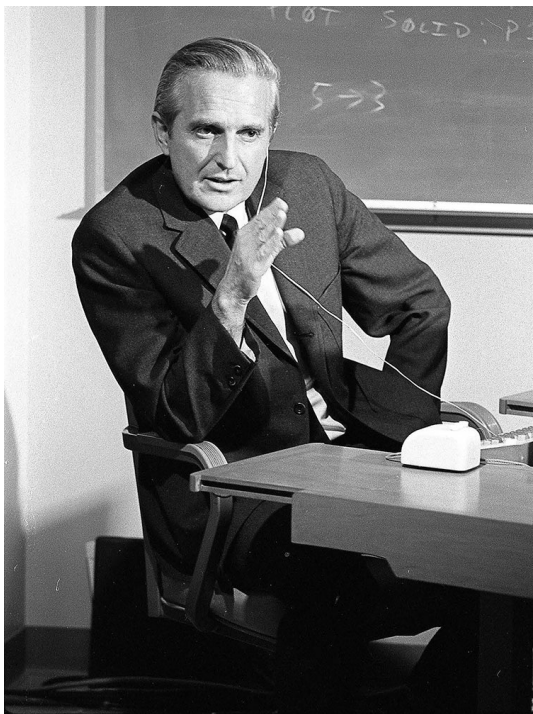
Engelbart entregou o esboço que tinha feito a Bill English, que esculpiu um pedaço de mogno para produzir o primeiro modelo. Quando o submeteram ao seu grupo focal, o resultado do teste foi melhor do que o de qualquer outro dispositivo. De início, o fio ficava na frente, mas eles logo perceberam que funcionaria melhor se saísse da parte de trás, como uma cauda. Apelidaram o dispositivo de "mouse"

(camundongo).

A maioria dos gênios (Kepler, Newton, Einstein e até mesmo Steve Jobs, para citar apenas alguns) tem o instinto da simplicidade. Engelbart não tinha. Sempre tentando atulhar um monte de funcionalidades em qualquer sistema que construiu, ele queria que o mouse tivesse vários botões, talvez uns dez. Mas para seu desconsolo, os testes determinaram que o número ideal de botões do mouse seria três. Como se viu, até isso parecia demais, ou, como Jobs, maníaco por simplicidade, insistiria mais tarde, era dois botões a mais do que o necessário.

Nos seis anos seguintes, culminando em 1968, Engelbart acabaria concebendo um sistema de aumento plenamente desenvolvido, ao qual deu o nome de "oNLine System", ou NLS. Além do mouse, incluía muitos outros avanços que conduziram à revolução do computador pessoal: gráficos na tela, múltiplas janelas numa tela, publicação digital, diários ao estilo blog, colaborações ao estilo wiki, compartilhamento de documentos, e-mail, envio instantâneo de mensagens, interconexão de hipertexto, videoconferências ao estilo Skype e formatação de documentos. Um de seus tecnoprotegidos, Alan Kay, que mais tarde desenvolveria cada uma dessas ideias no Centro de Pesquisa da Xerox em Palo Alto, disse o seguinte a respeito de Engelbart: "Não sei o que o Vale do Silício fará quando tiver esgotado todas as ideias de Doug".[38]

A MÃE DE TODAS AS DEMONSTRAÇÕES

Engelbart estava mais para danças populares gregas do que para Trips Festivals, mas tinha conhecido Stewart Brand quando ambos faziam experiências com LSD no mesmo laboratório. A série de empreendimentos de Brand, entre os quais o *Whole Earth Catalog*, ficava a poucas quadras do Augmentation Research Center de Engelbart. Era natural, portanto, que eles se juntassem para fazer uma demonstração do oNLine System de Engelbart, em dezembro de 1968. Graças aos instintos de Brand como empresário, a demonstração, que ficaria conhecida como a Mãe de Todas as Demonstrações, tornou-se um grandioso espetáculo multimídia, como um Teste do Ácido do Refresco Elétrico em silício. O evento acabou se revelando a combinação fundamental das culturas hippie e hacker, e, mesmo depois dos lançamentos de produtos da Apple, ainda é a demonstração de tecnologia mais deslumbrante e influente da era digital.[39]

Doug Engelbart (1925-2013).

O primeiro mouse de Engelbart.

Stewart Brand (no centro) ajuda na Mãe de Todas as Demonstrações, 1968.

O ano tinha sido turbulento. Em 1968, a Ofensiva do Tet fez os Estados Unidos se voltarem contra a Guerra do Vietnã, Robert Kennedy e Martin Luther King foram assassinados, e Lyndon Johnson anunciou que tentaria a reeleição. Protestos pacifistas fecharam grandes universidades e perturbaram a Convenção Nacional do Partido Democrata em Chicago. Os russos esmagaram a Primavera de Praga, Richard Nixon foi eleito presidente e a Apollo 8 girou em volta da Lua. Também naquele ano, a Intel foi fundada e Stewart Brand publicou o primeiro *Whole Earth Catalog*.

A demonstração de Engelbart, de noventa minutos de duração, ocorreu em 9 de dezembro, perante uma multidão de quase mil pessoas num salão superlotado durante uma conferência da indústria de informática em San Francisco. De camisa branca de manga curta e gravata fina escura, ele estava sentado à direita do palco, diante de um lustroso console estilo "Action Office" de Herman Miller. O visor de seu terminal de computador era projetado numa tela de seis metros atrás dele. "Espero que os senhores aceitem bem este ambiente bastante inusitado", disse ele, no início de sua apresentação. Usava um fone de ouvido do tipo que um piloto de caça poderia usar e falava num tom monocórdio, como se uma voz gerada por computador tentasse imitar a do narrador de um velho cinejornal. Howard Rheingold, guru e cronista da cibercultura, disse depois que ele parecia "o Chuck Yeager do cosmo da informática, testando calmamente as capacidades do novo sistema e informando os resultados para sua embasbacada plateia em terra firme, numa voz calma e suave".[40]

"Se em seu escritório", disse Engelbart,

> vocês, como operários intelectuais, fossem equipados com um visor de computador respaldado por um computador que ficasse ligado, à sua disposição, o dia inteiro, e respondesse de imediato a qualquer ação que vocês realizassem, quanto valeria tudo isso para vocês?

Ele prometeu que a combinação de tecnologias que demonstraria em seguida seria "muito interessante", completando, num sussurro, "acho eu".

Uma câmera instalada em seu terminal fornecia um fluxo de vídeo do seu rosto, enquanto outra câmera no alto mostrava suas mãos controlando o mouse e o teclado. Bill English, o artesão do mouse, estava sentado no fundo do auditório, como um produtor de notícias numa redação, selecionando imagens para misturar, casar e projetar no telão.

Stewart Brand encontrava-se cinquenta quilômetros ao sul, no laboratório de Engelbart perto de Stanford, gerando imagens de computador e controlando câmeras. Duas linhas de micro-ondas alugadas e uma conexão telefônica transmitiam para o laboratório todos os cliques de mouse ou de teclado que Engelbart fazia, e enviavam imagens e informações de volta para o auditório. A plateia via, incrédula, Engelbart colaborar com um colega distante na criação de um documento; outras pessoas editavam, acrescentando gráficos, mudando o layout, construindo um mapa e embutindo elementos audiovisuais em tempo real. Conseguiram até criar hiperlinks juntos. Em suma, Engelbart mostrou, já em 1968, quase tudo que um computador pessoal conectado a uma rede é capaz de fazer hoje. Os deuses da demonstração estavam com ele, e, para sua própria surpresa, não houve sequer uma falha de funcionamento. A multidão o aplaudiu de pé. Alguns até correram para o palco, como se Engelbart fosse um astro do rock, o que, de certa forma, ele era.[41]

Não longe dali, no mesmo corredor onde estava Engelbart, uma sessão rival era apresentada por Les Ernest, cofundador, com o refugiado do MIT John McCarthy, do Laboratório de Inteligência Artificial de Stanford. Como contou John Markoff em *What the Dormouse Said*, nessa sessão foi apresentado um filme sobre um robô que agia como se pudesse ouvir e ver. As duas demonstrações representavam um claro contraste entre os objetivos da inteligência artificial e os da inteligência aumentada. A missão desta última tinha parecido peculiar demais quando Engelbart começou a trabalhar nela, mas eclipsou o robô quando ele exibiu todos os seus elementos na demonstração de dezembro de 1968 — um computador pessoal com o qual seres humanos poderiam interagir em tempo real, uma rede que permitia a criatividade compartilhada. O título da reportagem sobre a conferência publicada no dia seguinte pelo *Chronicle*, de San Francisco, foi "Fantastic World of Tomorrow's Computer" [O fantástico mundo do computador de amanhã]. Era sobre o oNLine System de Engelbart, e não sobre o robô.[42]

Como se quisesse selar o casamento da contracultura com a cibernética, Brand

levou Ken Kesey ao laboratório de Engelbart para experimentar o oNLine System. Kesey, então já famoso por causa de *O teste do ácido do refresco elétrico*, de Tom Wolfe, fez uma visita guiada completa dos recursos do sistema: cortar, colar, recuperar e criação colaborativa de livros e outros documentos. Ficou impressionado. "Não há nada melhor, depois do ácido", declarou Kesey.[43]

ALAN KAY

Alan Kay fez das tripas coração para assistir à Mãe de Todas as Demonstrações de Engelbart. Estava com uma febre de 38,8 graus e faringite estreptocócica, mas a duras penas se arrastou até um avião que sairia de Utah, onde fazia pós-graduação. "Eu estava tremendo, enjoado e mal conseguia andar", lembra-se, "mas tinha decidido assistir."[44] Kay já vira e adotara ideias de Engelbart, mas o impacto da demonstração foi para ele como um toque de clarim. "Para mim, era Moisés abrindo o mar Vermelho", disse. "Ele nos mostrou a terra prometida que precisava ser encontrada, e os mares e rios que precisávamos atravessar para alcançá-la."[45]

Como Moisés, Engelbart não poria os pés na terra prometida. Em vez disso, Kay e um alegre bando de colegas do centro de pesquisa de uma máquina copiadora é que estariam na linha de frente do esforço para levar as ideias de Licklider e Engelbart ao paraíso do computador pessoal.

Kay tinha aprendido a amar tanto as ciências quanto as humanidades, quando criança, no centro de Massachusetts, onde nasceu em 1940. O pai era um fisiologista que projetava pernas e braços artificiais. Em longas caminhadas com ele, Kay desenvolveu o amor à ciência. Mas desenvolveu também uma paixão pela música: a mãe era artista e musicista, assim como o pai dela, Clifton Johnson, insigne ilustrador e escritor, que tocava órgão de tubos na igreja local. "Como meu pai era cientista e minha mãe artista, a atmosfera, em meus primeiros anos, era impregnada de muitas ideias e de formas de expressá-las. Eu não fazia distinção entre 'arte' e 'ciência,' e até hoje não faço."[46]

Aos dezessete anos, passou para o arraial da música, onde aprendeu a tocar guitarra e ingressou numa banda de jazz. Como o avô, também adorava órgão de tubos, e acabou ajudando um mestre de obras a construir um, de estilo barroco espanhol, para um seminário luterano. Era um estudante experiente e lido, que costumava se meter em encrencas na escola, basicamente por insubordinação, um traço de caráter de muitos inovadores de tecnologia. Quase foi expulso, mas também estrelou no programa nacional de rádio *Quiz Kids*.

Kay matriculou-se no Bethany College, na Virgínia Ocidental, para estudar matemática e biologia, porém foi expulso na primavera do seu primeiro ano ali, por "excessivas faltas não justificadas". Depois disso passou um tempo em Denver, onde um amigo arranjara emprego cuidando do sistema de reserva por computador da United Airlines. Kay ficou espantado ao ver que os computadores pareciam aumentar,

em vez de diminuir, a quantidade de trabalho pesado e aborrecido para os seres humanos.

Diante da possibilidade de ser recrutado para o serviço militar, ele se alistou na Força Aérea, onde suas altas notas num teste de aptidões o levaram a ser destacado para fazer um curso de programação de computadores. Trabalhou no IBM 1401, o primeiro computador a ser vendido em larga escala para pequenas empresas. "Isso aconteceu ainda no tempo em que programação era uma profissão sem prestígio e a maioria dos programadores era composta de mulheres", disse ele. "Elas eram ótimas. Tive uma mulher como chefe."[47] Terminado o serviço militar, Kay matriculou-se na Universidade do Colorado, onde se entregou a todas as suas paixões: estudou biologia, matemática, música e teatro, enquanto programava supercomputadores no Centro Nacional de Pesquisas Atmosféricas.

Saiu dali para um curso de pós-graduação na Universidade de Utah, o que, como diria mais tarde, foi "a maior sorte que tive na vida". O pioneiro da ciência da computação David Evans construía ali os melhores programas gráficos do país. No dia em que Kay chegou, no outono de 1966, Evans lhe entregou um documento tirado de uma pilha em cima de sua mesa e pediu que o lesse. Era a dissertação de doutorado no MIT de Ivan Sutherland, que na época lecionava em Harvard, mas logo se mudaria para Utah. Escrita sob a supervisão do teórico da informação Claude Shannon, a tese era intitulada *Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communications System* [Bloco de notas: sistema de comunicação gráfica entre homem e máquina].[48]

O Sketchpad foi um programa pioneiro no uso de interface gráfica, com ícones e gráficos na tela, como um computador dos dias de hoje. Os gráficos, que podiam ser criados e manipulados com uma caneta de luz, forneciam uma nova e charmosa maneira de interação entre humanos e computadores. "O sistema Sketchpad torna possível a rápida comunicação entre homens e computadores através do desenho de linhas", escreveu Sutherland. O entendimento de que arte e tecnologia podiam ser combinadas na criação de uma agradável interface para computadores tinha apelo especial para o entusiasmo infantil de Kay, segundo o qual o futuro deveria ser divertido. As ideias de Sutherland, disse, eram "um vislumbre do céu" e "imprimiram" nele uma paixão para criar computadores pessoais amigáveis.[49]

Seu primeiro contato com Engelbart ocorreu no começo de 1967, poucos meses depois de se interessar pelas ideias de Sutherland sobre Sketchpads. Engelbart estava fazendo um tour por universidades, dando palestras sobre as ideias que mais tarde seriam exibidas em sua Mãe de Todas as Demonstrações, e arrastando consigo um projetor Bell & Howell para poder mostrar um filme sobre seu oNLine System. "Ele congelava fotogramas e os rodava, em diferentes velocidades, para a frente e para trás", lembra-se Kay. "Ele dizia: 'Eis aqui o cursor, vejam o que ele vai fazer agora!'."[50]

O campo da computação gráfica e interfaces naturais de usuário estava pegando fogo, e Kay absorveu ideias de muitas fontes. Assistiu a uma palestra de Marvin

Minsky, do MIT, sobre inteligência artificial e a terrível maneira como as escolas destruíam a criatividade de jovens alunos por não lhes ensinar a lidar de forma criativa com a complexidade. "Ele pronunciou uma feroz diatribe contra métodos tradicionais de educação", lembra-se Kay.[51] Depois, Kay conheceu Seymour Papert, colega de Minsky, que tinha criado uma linguagem de programação chamada LOGO, simples o bastante para crianças e adolescentes usarem nas escolas. Um de seus muitos truques consistia em permitir que os estudantes usassem comandos simples para movimentar uma tartaruga robótica pela sala de aula. Depois de ouvir Papert, Kay começou a desenhar esboços do que deveria ser um computador pessoal acessível a crianças e adolescentes.

Numa conferência na Universidade de Illinois, Kay viu um rudimentar vídeo de tela plana, feito de vidro fino com gás neon. Juntando isso na cabeça com as demonstrações do oNLine System de Engelbart, e calculando por alto o efeito da Lei de Moore, ele se deu conta de que telas gráficas com janelas, ícones, hipertexto e cursor controlado por mouse poderiam ser incorporados em computadores pequenos dentro de uma década. "As implicações me deixaram meio assustado", contou, cedendo ao gosto por histórias dramáticas. "Deve ter sido uma desorientação parecida com a que as pessoas experimentavam depois de ler Copérnico e olhar pela primeira vez de uma Terra diferente para um céu diferente."

Kay via o futuro com grande clareza e ficava ansioso para inventá-lo. "Haverá milhões de máquinas pessoais e de usuários, na maioria não sujeitos a controle institucional direto", disse ele. Isso exigiria a criação de pequenos computadores pessoais com telas gráficas tão fáceis que a garotada pudesse usar e tão baratos que qualquer indivíduo pudesse comprar. "Tudo isso se juntou para formar uma imagem do que deveria ser um computador pessoal."

Em sua tese de doutorado, Kay descreveu algumas das características do computador, enfatizando que deveria ser simples ("Deve-se poder aprender a usá-lo privadamente") e fácil de entender ("A gentileza deve ser parte integrante"). Ele estava projetando um computador como humanista e também como engenheiro. Foi buscar inspiração num tipógrafo italiano do começo do século XVI chamado Aldo Manúcio, que descobriu que livros pessoais deveriam caber em alforjes e, assim, produziu volumes de tamanhos que hoje são comuns. Da mesma forma, Kay reconheceu que o computador pessoal ideal não deveria ser maior do que um caderno. "Foi fácil saber o que fazer em seguida", lembra. "Construí um modelo de papelão para mostrar a aparência e a forma que ele deveria ter."[52]

Kay fora inspirado pelo que Engelbart tentava fazer em seu Augmentation Research Center. Mas em vez de arranjar um emprego lá, foi trabalhar no Laboratório de Inteligência Artificial de Stanford (Stanford Artificial Intelligence Laboratory — SAIL), dirigido pelo professor John McCarthy. Não foi uma boa opção. McCarthy

estava interessado em inteligência artificial, e não em inteligência aumentada, e não dava importância a computadores *pessoais*. Em vez disso, acreditava em grandes computadores de uso compartilhado.

Numa monografia acadêmica que divulgou em 1970, logo depois que Kay chegou ao SAIL, McCarthy descreveu sua visão de sistemas de uso compartilhado que usavam terminais com pequeno poder de processamento ou pouca memória própria. "O terminal deve ser conectado pelo sistema telefônico a um computador de tempo compartilhado que, por sua vez, tem acesso a arquivos contendo todos os livros, revistas, jornais, catálogos, horários de companhias aéreas", escreveu. "Através do terminal, o usuário pode obter quaisquer informações que deseje, comprar e vender, comunicar-se com pessoas e instituições, e processar informações de outras formas proveitosas."53

McCarthy previu que isso poderia levar à proliferação de novas fontes de informação capazes de concorrer com as mídias tradicionais, embora achasse, de maneira equivocada, que elas seriam financiadas pelos próprios clientes, e não por anunciantes.

> Uma vez que o custo de manter um arquivo de informações no computador e torná-lo disponível ao público será baixo, até um aluno de colégio poderá competir com a *New Yorker* se souber escrever suficientemente bem, e se a propaganda boca a boca e menções de resenhistas chamarem a atenção do público para seu trabalho.

McCarthy também previu conteúdos de autoria coletiva: o usuário deveria ser capaz de "dizer ao sistema se a cura da calvície do ano passado funcionou, e obter um resumo das opiniões daqueles que se deram ao trabalho de anotar suas opiniões sobre a cura que ele agora pensa em testar". McCarthy tinha uma visão rósea daquilo que acabaria se tornando uma áspera blogosfera:

> Controvérsias públicas podem ser conduzidas com mais presteza do que hoje em dia. Se leio alguma coisa que me parece controvertida, posso perguntar ao sistema se alguém deixou uma resposta registrada. Isso, junto com a possibilidade de o autor revisar sua declaração original, levará as pessoas a conciliarem mais depressa posições amadurecidas.

A visão de McCarthy era presciente, mas divergia, num sentido importante, da de Kay e do mundo interconectado de hoje. Ela não se baseava em computadores *pessoais*, com memória e poder de processamento próprios. McCarthy achava que as pessoas teriam terminais baratos, burros, conectados a possantes computadores

remotos. Mesmo depois que clubes de hobbistas começaram a aparecer de repente para celebrar os computadores pessoais, McCarthy continuou insistindo no plano para um "Home Terminal Club" que alugaria às pessoas, a 75 dólares por mês, terminais simples, parecidos com teletipo, que lhes permitissem compartilhar tempo num distante e poderoso mainframe.[54]

A visão oposta de Kay era que poderosos computadores pequenos, dotados de memória e poder de processamento próprios, se tornariam ferramentas pessoais de criatividade individual. Ele sonhava com meninos andando pela floresta para usá-los debaixo das árvores, do mesmo jeito que faziam com crayons e blocos de papel. Assim, após dois anos de labuta entre evangelistas do tempo compartilhado no SAIL, em 1971 Kay aceitou uma oferta para trabalhar num centro de pesquisa corporativa, a menos de quatro quilômetros de distância, que atraía jovens inovadores dispostos a fabricar computadores pessoais, fáceis de usar e voltados para indivíduos. Mais tarde McCarthy rejeitaria esses objetivos, que chamava de "heresias da Xerox",[55] mas eles acabaram definindo os rumos da era dos computadores pessoais.

XEROX PARC

Em 1970, a Xerox Corporation seguiu os passos da Bell System lançando um laboratório dedicado à pesquisa básica. Para evitar que fosse contaminado pela mentalidade da burocracia da corporação, ou pelas demandas diárias dos negócios, ele foi localizado no parque industrial de Stanford, a cerca de 4800 quilômetros da sede da empresa em Rochester, Nova York.[56]

Um dos recrutados para comandar o Centro de Pesquisa de Palo Alto, conhecido como Xerox PARC, foi Bob Taylor, que acabara de deixar o Escritório de Técnicas de Processamento de Informações depois de ajudar a construir a Arpanet. Em suas visitas a centros de pesquisa financiados pela Arpa e em conferências que preparou para os mais brilhantes alunos de pós-graduação, ele tinha desenvolvido um aguçado faro para talentos. "Taylor tinha trabalhado com os principais grupos de pesquisa de ciência da computação e financiado muitos deles durante aquele período", lembrou Chuck Thacker, um dos recrutados por Taylor. "Como resultado disso, estava numa posição ímpar para atrair uma equipe da mais alta qualidade."[57]

Taylor refinara outro de seus talentos de líder nas reuniões com pesquisadores da Arpa e alunos de pós-graduação: era capaz de provocar "abrasão criativa", na qual os membros de uma equipe levantam objeções às ideias uns dos outros, tentando até estripar essas ideias, mas devem, em contrapartida, procurar expressar com fluência e clareza as ideias do outro lado da disputa. Taylor fazia isso no que chamava de reuniões de *"dealer"* (referência às pessoas que tentam vencer o *dealer*, o distribuidor de cartas, no blackjack), nas quais alguém tinha de apresentar uma ideia para que os demais fizessem a crítica (em geral) construtiva. Taylor não era, ele próprio, um mago da tecnologia, mas sabia fazer um grupo de magos afiar seus sabres em duelos

amistosos.[58] Sua aptidão para bancar o mestre de cerimônias lhe permitia provocar, lisonjear, golpear e animar gênios temperamentais, induzindo-os a colaborar. Era muito melhor para administrar o ego dos que trabalhavam para ele do que para fazer o que seus chefes queriam, mas isso era parte do seu encanto — sobretudo para quem não era seu chefe.

Um dos seus primeiros recrutas foi Alan Kay, seu conhecido das conferências da Arpa. "Conheci Alan quando ele fazia doutorado em Utah e gostava muito dele", disse.[59] Mas Taylor não contratou Kay para trabalhar em seu próprio laboratório no PARC, recomendando-o para outro grupo. Era a sua maneira de espalhar sementes por toda a área com gente que lhe causava boa impressão.

Quando Kay foi ao PARC para a entrevista formal, o entrevistador lhe perguntou qual seria sua grande realização no centro. "Um computador pessoal" foi a resposta. O entrevistador quis saber o que era isso, e ele pegou uma pasta do tamanho de um caderno, abriu a capa e disse: "Isto seria uma tela plana. Haveria um teclado aqui embaixo, e potência suficiente para armazenar correspondência, arquivos, músicas, ilustrações e livros. Tudo num pacote deste tamanho e pesando algumas libras. É disso que estou falando". O entrevistador coçou a cabeça e murmurou para si mesmo: "Ah, claro".[60] Mas Kay conseguiu o emprego.

Com seus olhos brilhantes e seu bigodão, Kay passou a ser visto como um desestabilizador, o que ele era mesmo. Tinha um prazer travesso em pressionar os executivos de uma empresa de máquinas copiadoras a criarem um computador para crianças, pequeno e fácil de usar. O diretor de planejamento empresarial, Don Pendery, circunspecto nativo da Nova Inglaterra, personificava o que o professor Clay Christensen, de Harvard, rotulara de dilema do inovador: via o futuro cheio de vagas criaturas que ameaçavam corroer o negócio das copiadoras Xerox. Ele vivia pedindo a Kay e a outras pessoas uma avaliação de "tendências" que sinalizassem o que o futuro poderia reservar para a empresa. Durante uma reunião enlouquecedora, Kay, cujos pensamentos pareciam feitos para sair direto de sua língua para o Wikiquote, revidou com uma frase que se tornaria a doutrina do PARC: "A melhor maneira de prever o futuro é inventá-lo".

Para seu artigo da *Rolling Stone*, de 1972, sobre a emergente cultura *tech* no Vale do Silício, Stewart Brand visitou o Xerox PARC, causando agitação e ansiedade na sede da empresa no leste, quando o texto foi publicado. Com verve literária, observou que a pesquisa no PARC "se afastou da enormidade e da centralidade, rumo ao pequeno e ao pessoal, para colocar a máxima potência computacional nas mãos de todos os indivíduos que a desejem". Um dos entrevistados foi Kay, que disse o seguinte: "As pessoas aqui estão acostumadas a distribuir relâmpagos com as duas mãos". Por causa de gente como Kay, o PARC tinha uma sensibilidade lúdica, decorrente do Tech Model Railroad Club do MIT. "É um lugar onde ainda se pode ser artesão", disse ele a Brand.[61]

Kay percebeu que precisava de um nome atraente e fácil de lembrar para o pequeno computador pessoal que queria construir, e começou a chamá-lo de Dynabook. Também imaginou um nome engraçado para o software do seu sistema operacional: Smalltalk [Bate-papo]. O nome tinha como objetivo não intimidar os usuários, nem criar expectativas entre os engenheiros mais inflexíveis. "Achei que Smalltalk era um rótulo tão inócuo que se algum dia ele fizesse alguma coisa legal, as pessoas teriam uma agradável surpresa", observou Kay.

Ele tinha decidido que o Dynabook custaria menos de quinhentos dólares, "para que se pudesse distribuí-lo nas escolas". Também deveria ser pequeno e pessoal, para que "um menino pudesse levá-lo para qualquer lugar onde fosse se esconder", com uma linguagem de programação acessível. "As coisas simples deveriam ser simples, as coisas complexas deveriam ser possíveis", declarou.[62]

Kay redigiu uma descrição do Dynabook intitulada "A Personal Computer for Children of All Ages" [Um computador pessoal para crianças de todas as idades], em parte uma proposta de produto, mas em essência um manifesto. Começou citando o insight fundamental de Ada Lovelace sobre o uso de computadores para tarefas criativas: "A Máquina Analítica tece padrões algébricos assim como um tear de Jacquard tece flores e folhas". Ao descrever como as crianças (de todas as idades) usariam o Dynabook, Kay mostrou que pertencia ao grupo dos que viam o computador pessoal basicamente como ferramenta de criatividade individual, mais do que como terminais conectados em rede para fins de colaboração. Ele escreveu:

> Embora possa ser usado para se comunicar com outros através dos "serviços públicos de conhecimento" do futuro, como uma "biblioteca" de escola, achamos que uma grande parte de seu uso envolverá a comunicação reflexiva do proprietário consigo mesmo, através deste veículo pessoal, mais ou menos como o papel e os cadernos são utilizados hoje.

O Dynabook, prosseguiu Kay, não devia ser maior do que um caderno, nem pesar mais de quatro libras [um quilo e oitocentos gramas]. "O dono poderá guardar e editar seus próprios arquivos de texto e programas quando e onde quiser. É preciso dizer que poderá ser usado no mato?" Em outras palavras, não se tratava apenas de um terminal burro projetado para ser conectado em rede a um mainframe de tempo compartilhado. Mas ele imaginava o dia em que os computadores pessoais e as redes digitais se juntariam. "Uma combinação deste aparelho que se pode 'levar para qualquer lugar' e um serviço público global de informações, como a rede da Arpa, ou a TV a cabo bidirecional, trará bibliotecas e escolas (para não falar em lojas e outdoors) para dentro de casa."[63] Era uma sedutora visão do futuro, que, no entanto, ainda levaria duas décadas para ser criada.

Para levar adiante sua cruzada pelo Dynabook, Kay reuniu à sua volta uma pequena equipe e preparou uma missão que era ao mesmo tempo romântica, com muitas aspirações e vaga. "Só contratei gente cujos olhos brilhavam quando ouvia falar sobre a ideia do computador do tamanho de um caderno", lembra-se Kay.

> Grande parte do dia era gasta fora do PARC, jogando tênis, andando de bicicleta, bebendo cerveja, comendo comida chinesa e falando direto do Dynabook e de seu potencial para ampliar o alcance humano e criar novas maneiras de pensar, para uma vacilante civilização que precisava desesperadamente disso.[64]

A fim de dar o primeiro passo para a concretização do Dynabook, Kay propôs uma máquina "provisória". Seria mais ou menos do tamanho de uma pasta de mão e teria uma pequena tela de mostrador gráfico. Em maio de 1972, ele apresentou aos chefes da área de hardware do Xerox PARC a ideia de construir trinta dessas máquinas, a serem testadas em salas de aula para ver se os alunos conseguiriam executar tarefas simples de programação. "Os usos de uma geringonça pessoal como editor, leitor, contexto para levar para casa e terminal inteligente são bastante óbvios", disse ele aos engenheiros e gerentes sentados em pufes. "Agora vamos construir trinta desses, para podermos continuar."

Era um discurso romântico, dito com confiança, como quase sempre acontecia com Kay, mas não encantou Jerry Elkind, o gerente do laboratório de computadores do PARC. "Jerry Elkind e Alan Kay eram como criaturas de planetas diferentes, uma delas um engenheiro austero e rigorosamente mecânico, a outra um impetuoso pirata filosófico", segundo Michael Hiltzik, que escreveu uma história do Xerox PARC. Não havia faíscas nos olhos de Elkind quando ele imaginava crianças programando tartarugas de brinquedo em máquinas Xerox. "Vou bancar o advogado do diabo", replicou ele. Os outros engenheiros se animaram, sentindo que uma implacável estripação era iminente. A função do PARC era criar o escritório do futuro, lembrou Elkind, e, nesse caso, por que deveria se meter em brincadeiras de criança? O ambiente corporativo era propício a computadores de tempo compartilhado administrados por corporações, portanto, por que não deixar o PARC aproveitar essas oportunidades? Depois de uma rápida sucessão de perguntas parecidas, Kay sentiu vontade de abrir um buraco no chão e desaparecer. Terminada a reunião, chorou. Seu pedido para construir um conjunto de Dynabooks provisórios foi negado.[65]

Bill English, que tinha trabalhado com Engelbart e construído o primeiro mouse, estava àquela altura no PARC. Depois da reunião ele puxou Kay de lado, consolou-o e lhe deu conselhos. Ele precisava parar de ser um sonhador solitário e preparar uma proposta bem elaborada, com orçamento e tudo. "O que é orçamento?", perguntou Kay.[66]

Kay conteve o sonho e propôs um plano provisório. Usaria 230 mil dólares de que dispunha no orçamento para reproduzir o Dynabook num Nova, um minicomputador do tamanho de um baú fabricado pela Data General. Mas a ideia não o empolgava.

Foi quando dois astros do grupo de Bob Taylor no PARC, Butler Lampson e Chuck Thacker, apareceram no escritório de Kay com um plano diferente.

"Você tem dinheiro?", perguntaram.

"Tenho, mais ou menos 230 mil dólares, para Novas", respondeu Kay. "Por quê?"

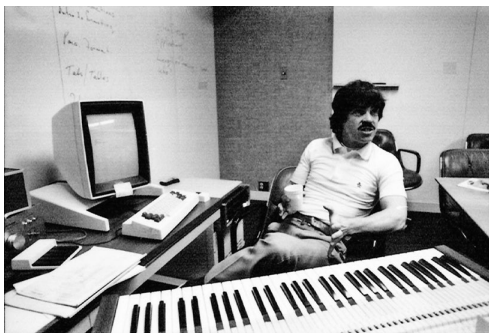
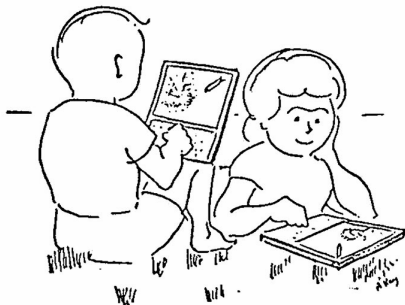
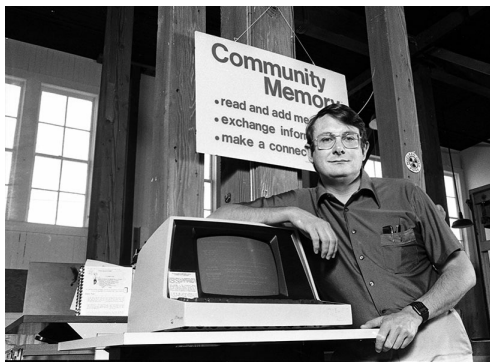
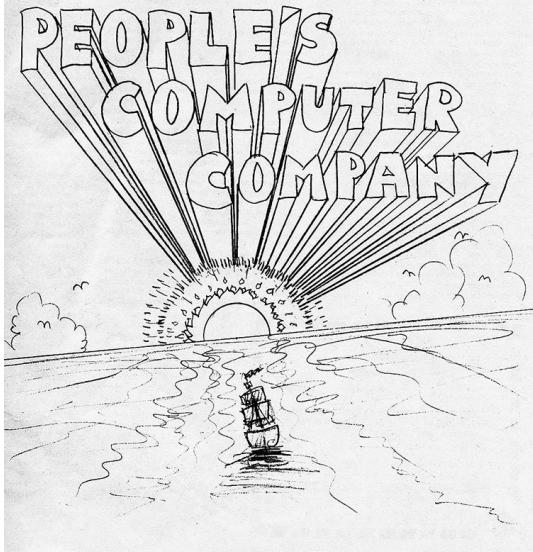
"O que acha da ideia de construirmos sua maquininha para você?", perguntaram, referindo-se ao Dynabook que Elkind derrubara.

"Acharia ótimo", admitiu Kay.[67]

Thacker queria construir sua própria versão do computador pessoal e percebeu que Lampson e Kay tinham em mente o mesmo objetivo geral. A trama consistia em juntar seus recursos e seguir adiante sem aguardar autorização.

"O que vão fazer com relação a Jerry?", perguntou Kay, referindo-se a Elkind, sua nêmesis.

"Jerry está ausente do escritório por alguns meses, numa força-tarefa corporativa", disse Lampson. "Talvez a gente possa fazê-lo sem dar na vista antes que ele volte."[68]

Bob Taylor tinha ajudado a incubar o plano porque não queria que sua equipe construísse computadores de tempo compartilhado e tinha em mente "uma coleção interconectada de máquinas baseadas em pequenas telas".[69] Estava emocionado com a ideia de ter três dos seus engenheiros favoritos — Lampson, Thacker e Kay — colaborando no projeto. A equipe tinha uma dinâmica puxa-empurra: Lampson e Thacker sabiam o que era possível, enquanto Kay vivia com os olhos voltados para a máquina de sonho definitiva e os desafiava a alcançar o impossível.

Alan Kay (1940-) no Xerox PARC, 1974.

Esboço de Kay para um Dynabook, 1972.

Lee Felsenstein (1945-).

O primeiro número, outubro de 1972.

A máquina que projetaram recebeu o nome de Xerox Alto (embora Kay continuasse a chamá-la teimosamente de "Dynabook provisório"). Tinha uma tela com mapa de bits, o que significava que cada pixel na tela podia ser ligado ou desligado

para ajudar a produzir um gráfico, uma letra, uma pincelada ou qualquer coisa. "Preferimos oferecer um mapa de bits completo, no qual cada pixel da tela era representado por um bit da memória principal", explicou Thacker. Isso aumentava as demandas de memória, mas o princípio orientador era que a Lei de Moore continuaria a reinar e que a memória perdia qualidade de maneira exponencial. A interação do usuário com a tela era controlada por um teclado e um mouse, como Engelbart projetara. Quando ficou pronta, em março de 1973, trazia um gráfico, pintado por Kay, do Come-Come da Vila Sésamo segurando a letra C.

Tendo sempre em mente as crianças (de todas as idades), Kay e os colegas desenvolveram os conceitos de Engelbart mostrando que podiam ser implementados de maneira simples, acessível e de uso intuitivo. Engelbart, porém, não se convenceu dessa visão. Em vez disso, dedicava-se a enfiar todas as funções que pudesse em seu oNLine System, e com isso nunca desejou fazer um computador pequeno e pessoal. "É uma viagem bem diferente daquela para o lugar onde estou indo", disse ele a seus colegas. "Se nos comprimirmos nesses pequenos espaços, vamos ter que abrir mão de muita coisa."[70] É por isso que Engelbart, apesar de ser um teórico presciente, nunca foi um inovador de fato bem-sucedido: não parava de acrescentar funções, instruções, botões e complexidades ao seu sistema. Kay tornava tudo mais fácil e, ao fazê-lo, mostrou por que o ideal de simplicidade — fazer produtos que seres humanos achassem sociáveis e fáceis de usar — foi essencial para as inovações que resultaram nos computadores pessoais.

A Xerox mandou sistemas Alto para centros de pesquisa em todo o país, espalhando as inovações sonhadas pelos engenheiros do PARC. Houve até um precursor dos protocolos de internet, o PARC Universal Packet, que permitia a diferentes redes de comutação de pacotes se interconectarem. "A maior parte das tecnologias que tornaram possível a internet foi inventada no Xerox PARC, nos anos 1970", diria Taylor mais tarde.[71]

Como se veria, no entanto, embora o Xerox PARC tenha indicado o caminho para a terra dos computadores pessoais — dispositivos que poderíamos chamar de nossos —, a Xerox Corporation não encabeçou a migração. Fabricou 2 mil Altos, sobretudo para uso em escritórios da Xerox ou em instituições afiliadas, mas não comercializou o Alto como produto para o consumidor.[b] "A empresa não estava equipada para lidar com inovação", lembra-se Kay. "Significaria um empacotamento completamente novo, todos os manuais novos, cuidar das atualizações, treinar pessoal, estabelecer-se em diferentes países."[72]

Taylor se lembra de que dava sempre com a cara na parede quando tentava negociar com os altos executivos no leste. Como lhe explicou o chefe de um centro de pesquisa da Xerox em Webster, Nova York, "o computador jamais será tão importante para a sociedade quanto uma máquina copiadora".[73]

Numa lauta conferência corporativa da Xerox em Boca Raton, Flórida (onde Henry Kissinger era o principal palestrante pago), o sistema Alto foi exposto. Pela manhã houve uma demonstração no palco que lembrou a Mãe de Todas as Demonstrações de Engelbart, e à tarde trinta Altos foram instalados num showroom para quem quisesse usar. Os executivos, todos homens, mostraram pouco interesse, mas suas esposas puseram-se logo a testar o mouse e a digitar. "Os homens achavam que saber datilografar estava abaixo da dignidade masculina", disse Taylor, que não tinha sido convidado, mas apareceu assim mesmo. "Era coisa que secretárias faziam. Por isso não levaram o Alto a sério, achando que só agradaria às mulheres. Para mim, foi a revelação de que a Xerox jamais chegaria ao computador pessoal."[74]

Em vez disso, inovadores com mais iniciativa e sagacidade seriam os primeiros a fazer incursões pelo mercado dos computadores pessoais. Alguns acabariam obtendo autorização ou roubando ideias do Xerox PARC. Mas de início os computadores pessoais eram preparados de fabricação caseira que só um hobbista poderia amar.

OS ORGANIZADORES DE COMUNIDADES

Entre as tribos da Área da Baía nos anos que levaram ao nascimento do computador pessoal havia um grupo de organizadores de comunidades e de militantes pacifistas que aprenderam a amar computadores como ferramentas para dar poder ao povo. Eles adotaram tecnologias de pequena escala, o *Operating Manual for Spaceship Earth* [Manual de instruções para a nave espacial Terra], de Buckminster Fuller, e muitos outros valores de autossuficiência da turma da Whole Earth, sem se encantarem com a psicodelia ou com repetidas exposições à Grateful Dead.

Fred Moore era um exemplo. Filho de um coronel do Exército estacionado no Pentágono, tinha ido para o oeste estudar engenharia em Berkeley em 1959. Embora a escalada militar americana no Vietnã não tivesse começado, Moore decidiu virar manifestante antiguerra. Acampou nos degraus de Sproul Plaza, que logo passaria a ser o epicentro de manifestações estudantis, com uma placa denunciando o Corpo de Treinamento de Oficiais da Reserva. Seu protesto durou apenas dois dias (o pai o levou para casa), mas ele se matriculou de novo em Berkeley em 1962 e retomou os modos rebeldes. Cumpriu pena de dois anos de prisão por resistir ao serviço militar e então, em 1968, mudou-se para Palo Alto, dirigindo uma Kombi com uma filha bebê cuja mãe tinha ido embora.[75]

Moore planejava tornar-se organizador de manifestações contra a guerra, mas descobriu os computadores do Centro Médico de Stanford e ficou viciado. Como ninguém o mandava embora, ele passava os dias mexendo nas máquinas, enquanto a filha andava pelos corredores ou brincava na Kombi. Adquiriu fé na força dos computadores para ajudar as pessoas a assumirem o controle da própria vida e a formar comunidades. Se pudesse usá-los como ferramentas de cidadania e

aprendizado, a gente comum seria capaz de se libertar do domínio do complexo industrial-militar. "Fred era um pacifista radical esquelético, barbudo e de olhar intenso", lembra-se Lee Felsenstein, que fazia parte do ambiente de organização de comunidades e de computadores em Palo Alto. "Num piscar de olhos ele sairia correndo para derramar sangue num submarino. Era impossível afugentá-lo."[76]

Levando em conta suas paixões tecnopacifistas, não é de admirar que Moore gravitasse na órbita de Stewart Brand e da turma da Whole Earth. Na verdade, ele acabou desempenhando papel estelar num dos eventos mais estranhos da época: a festa do fim do *Whole Earth Catalog*. Como que por milagre, a publicação tinha encerrado suas atividades com 20 mil dólares no banco, e Brand resolveu alugar o palácio de Belas Artes, uma estrutura clássica grega de qualidade inferior no distrito de Marina, em San Francisco, para comemorar com mil almas gêmeas, que decidiriam o que fazer com o dinheiro. Ele comprou uma pilha de cédulas de cem dólares, alimentando a fantasia de que a multidão louca por rock e por drogas chegaria a um ponderado consenso a esse respeito. "Como pedir a qualquer pessoa no mundo para fazer acordos se nós mesmos não conseguimos isso?", perguntou Brand à multidão.[77]

O debate se arrastou por dez horas. Usando uma batina preta de monge com capuz, Brand deixava cada orador segurar a pilha de dinheiro enquanto falava para a multidão e anotava as sugestões num quadro-negro. Paul Krassner, que fora membro dos Merry Pranksters de Ken Kesey, fez um discurso apaixonado sobre a difícil situação dos índios americanos — "Nós os assaltamos quando chegamos aqui!" — e disse que o dinheiro deveria ser dado a eles. A mulher de Brand, Lois, que por acaso era índia, se apresentou para declarar que nem ela nem os outros índios queriam o dinheiro. Uma pessoa chamada Michael Kay sugeriu que o dinheiro fosse dado para eles mesmos, e começou a distribuir as notas; Brand retorquiu que seria melhor usá-lo todos juntos e pediu que lhe devolvessem as cédulas, o que alguns fizeram, sob aplausos. Dezenas de outras sugestões, das mais loucas às mais excêntricas, foram apresentadas. Jogar o dinheiro no vaso e dar descarga. Comprar mais gás hilariante para a festa! Construir um gigantesco símbolo fálico de plástico para enfiar na terra! A certa altura, um membro da banda Golden Toad gritou: "Concentrem a porra dessa energia! Vocês já têm 9 milhões de sugestões! Escolham uma! Isso pode se estender pela porra do próximo ano. Vim aqui para tocar". Isso não levou a decisão alguma, mas provocou um interlúdio musical, com uma dançarina executando a dança do ventre, que acabou caindo e se contorcendo no chão.

Nesse momento, Fred Moore, com sua barba assanhada e seus cabelos ondulados, levantou-se e declarou que sua profissão era "ser humano". Denunciou a multidão por dar importância ao dinheiro e, para melhor dar o seu recado, tirou uma cédula de dois dólares do bolso e queimou-a. Houve alguma discussão sobre realizar uma votação, proposta que Moore também denunciou, como um método que divide em vez de unir as pessoas. Já eram três da manhã, e a estupefata e confusa multidão tornara-se ainda mais estupefata e confusa. Moore sugeriu que se apresentassem uns

aos outros pelo nome, para continuarem juntos como numa rede. "Uma união de pessoas aqui esta noite é mais importante do que deixar que um monte de dinheiro nos divida", declarou.[78] No fim, ele aguentou mais do que todos os outros, à exceção de uns vinte teimosos, e foi decidido que o dinheiro ficaria com ele, até surgir uma ideia melhor.[79]

* * *

Como não tinha conta bancária, Moore enterrou os 14905 dólares que sobraram no próprio quintal. No fim, depois de muito drama e de indesejadas visitas de suplicantes, ele o distribuiu a título de empréstimo, ou de verba, para um punhado de organizações afins, envolvidas em programas de educação e acesso a computadores na região. Os beneficiários eram parte do ecossistema tecnohippie que surgiu em Palo Alto e Menlo Park em volta de Brand e da turma do *Whole Earth Catalog*.

Isso incluía a editora do catálogo, o Portola Institute, organização alternativa sem fins lucrativos que incentivava "a educação em informática para todas as séries escolares". Seu programa de ensino, bastante informal, era dirigido por Bob Albrecht, engenheiro que deixara o mundo empresarial para ensinar programação de computadores a crianças e dança popular grega a Doug Engelbart e outros adultos. "Quando vivia em San Francisco, no topo da mais tortuosa das ruas, a Lombard, eu organizava com frequência reuniões de programação, degustação de vinhos e dança grega", lembrou.[80] Albrecht e os amigos abriram um centro de acesso público a computadores, onde havia um PDP-8, e ele costumava levar alguns dos seus melhores alunos em excursões, sendo as mais memoráveis as visitas a Engelbart em seu laboratório de aumento da inteligência. Uma das primeiras edições do *Whole Earth Catalog* trazia na última página uma foto de Albrecht, com um corte de cabelo à moda porco-espinho, ensinando os alunos a usarem uma calculadora.

Albrecht, que escreveu guias de autoaprendizagem, entre eles o popular *My Computer Likes Me* (*When I Speak BASIC*) [Meu computador gosta de mim (quando falo BASIC)], lançou uma publicação chamada *People's Computer Company*, que não se referia bem a uma companhia, mas se identificava como tal em honra da banda de Janis Joplin, Big Brother and the Holding Company. O descuidado boletim adotou como lema "O poder do computador para o povo". O primeiro número, em outubro de 1972, trazia na capa o desenho de um barco velejando rumo ao pôr do sol e a declaração rabiscada à mão: "Os computadores são mais usados contra o povo do que a favor do povo; usados para controlar em vez de libertar as pessoas; Hora de mudar isto — precisamos de uma PEOPLE'S COMPUTER COMPANY".[81] A maioria dos números apresentava desenhos de dragões — "Adoro dragões desde os meus treze anos", contou Albrecht — e reportagens sobre educação por computador, programação em BASIC, e várias feiras de aprendizado e festivais de tecnologia "faça você mesmo".[82] O boletim ajudava a juntar num tecido só hobbistas de eletrônica,

adeptos do estilo "faça você mesmo" e organizadores de comunidades de aprendizado.

Outra personificação dessa cultura foi Lee Felsenstein, sério militante pacifista, com diploma de engenharia elétrica de Berkeley, que se tornou personagem de destaque em *Hackers*, de Steven Levy. Felsenstein estava longe de ser um Merry Prankster. Mesmo nos áureos tempos de agitação estudantil em Berkeley, ele se abstinha de sexo e drogas. Combinava um instinto de ativista político para organizar comunidades com uma disposição de nerd eletrônico para construir ferramentas e redes de comunicações. Leitor fiel do *Whole Earth Catalog,* tinha apreço pelo veio "faça você mesmo" da cultura de comunidade americana, além de uma fé em que o acesso público às ferramentas de comunicação poderia tirar poder de governos e corporações.[83]

O gosto de Felsenstein por organizar comunidades e seu amor à eletrônica lhe foram instilados quando era menino na Filadélfia, onde nasceu em 1945. O pai era um maquinista de locomotiva que acabou trabalhando esporadicamente como artista comercial, e a mãe era fotógrafa. Ambos eram membros clandestinos do Partido Comunista. "A atitude geral deles diante a vida era que tudo que a mídia informava quase sempre era falso, uma das palavras favoritas do meu pai", lembra-se Felsenstein. Mesmo depois de abandonarem o partido, os pais não deixaram de ser organizadores de esquerda. Quando menino, Felsenstein fazia piquetes contra chefes militares visitantes e ajudava a organizar protestos em frente à Woolworth em apoio às manifestações pacifistas pela dessegregação no Sul. "Eu sempre tinha um pedaço de papel para desenhar quando era criança, porque meus pais nos incentivavam a ser criativos e imaginativos", contou. "E no verso costumava haver um folheto mimeografado da organização de um evento do antigo bloco."[84]

Seus interesses tecnológicos foram instilados em parte pela mãe, que não se cansava de contar que o pai dela, já falecido, tinha criado os pequenos motores a diesel usados em caminhões e trens. "Entendi que ela queria que eu fosse inventor", disse ele. Certa vez, quando foi repreendido por um professor por devanear na sala de aula, ele respondeu: "Não estou devaneando, estou inventando".[85]

Numa casa onde havia um competitivo irmão mais velho e uma irmã adotiva, Felsenstein se refugiava no porão para brincar com aparelhos eletrônicos. Isso lhe deu a sensação de que a tecnologia das comunicações deveria possibilitar o fortalecimento individual: "A tecnologia eletrônica prometia uma coisa que eu, aparentemente, queria muito — comunicação fora da estrutura hierárquica da família".[86] Fez um curso por correspondência que vinha com brochuras e equipamento para testes, e comprou um manual de rádio e transístores de 99 centavos, para aprender a transformar desenhos esquemáticos em circuitos capazes de funcionar. Um dos muitos hackers criados construindo Heathkits e outros projetos

eletrônicos do tipo "solde você mesmo", ele anos depois se preocuparia com as novas gerações, que crescem lidando com aparelhos selados, que não permitem exploração.[c] "Aprendi eletrônica quando criança brincando com rádios velhos, fáceis de mexer, porque eram feitos para ser consertados."[87]

Os instintos políticos e os interesses tecnológicos de Felsenstein convergiram no gosto pela ficção científica, em especial os escritos de Robert Heinlein. Como gerações de jogadores e *computer jockeys* que ajudaram a criar a cultura do computador pessoal, ele foi inspirado pelo tema mais comum do gênero, o do herói hacker que usa feitiçaria *tech* para derrotar uma autoridade má.

Felsenstein foi para Berkeley em 1963 para estudar engenharia elétrica, no momento em que a revolta contra a Guerra do Vietnã começava a fermentar. Um dos seus primeiros atos foi participar de um protesto, junto com o poeta Allen Ginsberg, contra a visita de um dignitário sul-vietnamita. Ficou tarde, e ele teve que pegar um táxi para voltar a tempo ao laboratório de química.

Para custear os estudos, entrou num programa de trabalho-estudo que lhe garantiu um emprego na Nasa, na Base Aérea de Edwards, mas foi obrigado a se demitir quando as autoridades descobriram que seus pais tinham sido comunistas. Ligou para casa para saber se era verdade. "Não quero falar sobre isso por telefone", respondeu o pai.[88]

"Não se meta em encrencas e não terá dificuldade para conseguir o emprego de volta", disse um oficial da Força Aérea a Felsenstein. Mas evitar encrencas não fazia parte da sua natureza. O incidente inflamou sua veia antiautoritária. Ele voltou para o campus em outubro de 1964, bem na época em que os protestos do Movimento pela Liberdade de Expressão começaram, e, como um herói de ficção científica, decidiu usar suas habilidades tecnológicas para entrar na briga. "Estávamos à procura de armas não violentas, e de repente me dei conta de que a maior arma não violenta de todas era o fluxo de informações."[89]

A certa altura, correu o boato de que a polícia tinha cercado o campus, e alguém gritou para Felsenstein: "Rápido! Faça um rádio da polícia para nós". Não era coisa que ele pudesse fazer no mesmo instante, mas foi outra lição: "Resolvi que deveria sair na frente de todo mundo na aplicação da tecnologia em benefício da sociedade".[90]

Seu maior insight foi que criar novos tipos de redes de comunicação era a melhor maneira de tirar poder das grandes instituições. Essa era, segundo ele, a essência de um movimento pela *liberdade de expressão*. "O Movimento pela Liberdade de Expressão era sobre derrubar barreiras à comunicação entre pessoas e com isso permitir a formação de conexões e comunidades que não fossem uma concessão de instituições poderosas", escreveria ele mais tarde. "Ele preparou o terreno para uma verdadeira revolta contra corporações e governos que dominavam nossa vida."[91]

Felsenstein começou a pensar numa espécie de estrutura de informação que pudesse facilitar esse tipo de comunicação de pessoa para pessoa. Primeiro tentou a

impressão, lançando um boletim para sua cooperativa de estudantes, e depois foi trabalhar no semanário underground *Berkeley Barb*. Ali adquiriu o título semi-irônico de "editor militar", após escrever uma reportagem sobre um navio de desembarque de doca [*landing ship dock*] e usar com intenção satírica as iniciais LSD. Esperava que a "impressão fosse a nova mídia de comunidade", mas se desencantou quando a "viu transformada numa estrutura centralizada que vendia espetáculos".[92] A certa altura, desenvolveu um alto-falante com uma malha de fios de entrada que permitia às pessoas da multidão falar e responder. "Ele não tinha centro e, portanto, não tinha autoridade central", disse. "Era um projeto parecido com a internet, uma maneira de distribuir o poder de comunicação por todas as pessoas."[93]

Felsenstein percebeu que o futuro seria influenciado pela distinção entre meios de difusão como a TV, que "transmitiam informações idênticas de um ponto central com o mínimo de canais para o retorno de informações", e os meios que não eram de difusão, "nos quais cada participante é ao mesmo tempo recipiente e gerador de informações". Para ele, os computadores interconectados em rede seriam a ferramenta capaz de permitir que as pessoas assumissem o controle da própria vida. "Eles devolveriam o locus de poder para o povo", explicaria mais tarde.[94]

Naqueles tempos pré-internet, antes do Craiglist e do Facebook, havia organizações comunitárias conhecidas como Switchboards, que serviam para fazer conexões entre pessoas e ligá-las a serviços que elas pudessem estar procurando. A maioria era *low-tech*, em geral apenas algumas pessoas em volta de uma mesa com dois telefones e cartões e folhetos pregados nas paredes; elas funcionavam como roteadores, para criar redes sociais. "Parecia que toda subcomunidade tinha uma ou mais", lembra-se Felsenstein. "Visitei-as para ver se havia alguma tecnologia que pudessem usar, para incrementar suas atividades." A certa altura, um amigo o abordou na rua com uma notícia animadora: um desses grupos comunitários tinha conseguido um computador mainframe visitando liberais ricos de San Francisco e fazendo-os se sentir culpados. Essa dica o levou a uma organização sem fins lucrativos chamada Resource One, que estava reconfigurando o mainframe para que pudesse ser usado em tempo compartilhado por outras Switchboards. "Ocorreu-nos a ideia de que seríamos o computador da contracultura", disse ele.[95]

Mais ou menos nessa época, Felsenstein pôs um anúncio pessoal no *Berkeley Barb* que dizia: "Homem do Renascimento, Engenheiro e Revolucionário, procura com quem conversar".[96] Graças a esse anúncio, ele conheceu um dos primeiros hackers e cyberpunks do sexo feminino, Jude Milhon, que escrevia sob o pseudônimo de St. Jude. Por sua vez, ela o apresentou ao companheiro, Efrem Lipkin, programador de sistemas. O computador da Resource One não conseguira encontrar nenhum cliente de tempo compartilhado, e, por sugestão de Lipkin, eles lançaram uma nova iniciativa, a Community Memory, para usar a máquina como

bulletin board eletrônico público. Em agosto de 1973, instalaram um terminal, ligado ao mainframe por linha telefônica, na Leopold's Records, uma loja de música de propriedade de estudantes em Berkeley.[97]

Felsenstein tinha tido uma ideia inspiradora: acesso público a redes de computador permitiriam que pessoas formassem comunidades de interesses, na base do "faça você mesmo". O panfleto-manifesto que anunciava o projeto dizia que "canais não hierárquicos de comunicação — por computador e modem, caneta e tinta, telefone ou face a face — são a linha de frente da recuperação e revitalização de nossas comunidades".[98]

Uma decisão inteligente tomada por Felsenstein e seus amigos foi não ter palavras-chave predefinidas, como *precisa-se de ajuda*, ou *carros*, ou *babysitting*, programadas no sistema. Os usuários podiam inventar as palavras-chave que quisessem para suas postagens. Isso permitiu que a rua encontrasse seus próprios usos para o sistema. O terminal tornou-se um quadro de avisos para divulgar poesia, organizar caronas, compartilhar ideias sobre restaurantes e procurar parceiros compatíveis para xadrez, sexo, estudo, meditação e praticamente qualquer outra coisa. Com St. Jude abrindo caminho, as pessoas criavam sua própria persona on-line e desenvolviam uma habilidade literária impossível nos quadros de aviso de cortiça e tachinha.[99] A Community Memory tornou-se precursora dos sistemas das Bulletin Board Systems (BBS) da internet e de serviços on-line como The WELL. "Abrimos a porta do ciberespaço e descobrimos que era território hospitaleiro", observou Felsenstein.[100]

Outro insight, tão importante quanto esse para a era digital, veio depois de um desentendimento com seu amigo Lipkin, que queria construir um terminal que fosse invulnerável, para que as pessoas da comunidade não pudessem violá-lo. Felsenstein defendia a abordagem oposta. Se a missão era dar o poder de computação ao povo, então o imperativo de participação ativa deveria ser honrado. "Efrem dizia que se as pessoas pusessem as mãos nele, elas o quebrariam", lembra Felsentain. "Adotei o que se tornaria a filosofia da Wikipedia, segundo a qual permitir que as pessoas participem desperta nelas o instinto de proteção, consertando-o quando quebra." Ele achava que computadores deveriam ser brinquedos. "Incentivando as pessoas a tocar e mexer no equipamento, pode-se desenvolver um computador e uma comunidade em simbiose."[101]

Esses instintos foram cristalizados numa filosofia quando o pai de Felsenstein, logo depois que o terminal foi instalado na Leopold's, lhe mandou um livro chamado *Tools for Conviviality* [Instrumentos de convivialidade], de Ivan Illich, filósofo e padre católico nascido na Áustria e criado nos Estados Unidos, que criticava o papel autoritário das elites tecnocráticas. Parte da cura proposta por Illich consistia em criar uma tecnologia que fosse intuitiva, fácil de aprender e "boa companhia". O objetivo,

segundo ele, deveria ser "dar ao povo ferramentas que lhe garantam trabalhar com eficiência elevada e independente".[102] Como Engelbart e Licklider, Illich falava da necessidade de uma "simbiose" entre usuário e ferramenta.

Felsenstein adotou a noção de Illich de que computadores deveriam ser construídos para encorajar ajustes participativos. "Seus escritos me incentivaram a ser o flautista que conduz as pessoas ao equipamento que possam usar." Doze anos depois, quando afinal se conheceram, Illich lhe perguntou: "Se você quer conectar pessoas, por que pretende interpor computadores entre elas?". Felsenstein respondeu: "Quero que os computadores sejam ferramentas para conectar pessoas e para estar em harmonia com elas".[103]

Felsenstein juntou num mesmo tecido, de um jeito muito americano, os ideais do fazedor — a alegria e a plenitude que vêm de uma experiência de aprendizado conduzida por colegas, à moda "faça você mesmo" — com o entusiasmo da cultura hacker por ferramentas tecnológicas e o instinto da Nova Esquerda para organizar comunidades.[d] Como ele mesmo disse a uma sala cheia de hobbistas na Bay Area Maker Faire em 2013, depois de comentar o fenômeno, estranho mas adequado, de ter um revolucionário dos anos 1960 como palestrante principal da feira,

> as raízes do computador pessoal podem ser encontradas no Movimento pela Liberdade de Expressão que surgiu em Berkeley em 1964 e no *Whole Earth Catalog*, que fez o marketing dos ideais do "faça você mesmo" por trás do movimento pelo computador pessoal.[104]

No outono de 1974, Felsenstein preparou as especificações para um "Tom Swift Terminal", que segundo ele era "um Dispositivo Cibernético Boa Companhia" batizado com o nome do "herói popular americano que com maior probabilidade seria visto mexendo no equipamento".[105] Tratava-se de um terminal robusto, projetado para conectar pessoas a um computador mainframe ou a uma rede. Felsenstein nunca o implantou de todo, mas mimeografou cópias das especificações e as distribuiu para aqueles que pudessem adotar a noção. Isso ajudou a converter a Community Memory e o *Whole Earth Catalog* ao seu credo pessoal de que os computadores deveriam ser pessoais e constituir boa companhia. Dessa maneira, poderiam se tornar ferramentas para pessoas comuns, não apenas para a elite tecnológica. Na frase do poeta Richard Brautigan, eles deveriam ser "máquinas de graça amorosa", e assim Felsenstein deu à firma de consultoria que fundou o nome de Loving Grace Cybernetics.

Felsenstein era um organizador nato, de modo que decidiu criar uma comunidade de pessoas que compartilhavam essa filosofia. "Minha proposta, seguindo Illich, era que um computador só poderia sobreviver se semeasse um clube de

computação à sua volta", explicou. Junto com Fred Moore e Bob Albrecht, ele se tornara frequentador de jantares em que cada um contribuía com um prato, oferecidos, nas noites de quarta-feira, no People's Computer Center. Outro habitué era Gordon French, engenheiro esguio que adorava construir seus próprios computadores. Um dos tópicos que discutiam era "Como serão de fato os computadores pessoais, quando afinal vierem a existir?". Quando os jantares colaborativos começaram a esfriar no começo de 1975, Moore, French e Felsenstein resolveram fundar um novo clube. O primeiro folheto proclamava: "Você está construindo seu próprio computador? Seu terminal? Sua TV Typewriter? Seu dispositivo de entrada e saída? Ou outra caixa de magia negra digital? Se estiver, talvez queira participar de um encontro de pessoas com interesses parecidos".[106]

O Homebrew Computer Club, como o apelidaram, acabou atraindo variados entusiastas das muitas tribos culturais do mundo digital da Área da Baía. Segundo Felsenstein,

> o clube tinha seus comandos psicodélicos (não muitos), seus radioamadores conformistas, seus pretensos futuros industriais de elite, seus técnicos e engenheiros desajustados de segundo ou terceiro time, e outras faunas não convencionais — incluindo uma formal e afetada senhora que se sentava na frente e que tinha sido, como me disseram depois, piloto pessoal do presidente Eisenhower quando ela era homem. Todos queriam que houvesse computadores pessoais, e todos queriam se livrar das restrições das instituições, fossem governo, IBM ou seus empregados. As pessoas queriam mesmo sujar as mãos, digitalmente falando, e divertir-se enquanto o faziam.[107]

Essa primeira reunião do Homebrew Computer Club foi realizada numa quarta-feira chuvosa, 5 de março de 1975, na garagem de Gordon French em Menlo Park. Ocorreu exatamente na época em que o primeiro computador verdadeiramente pessoal doméstico foi disponibilizado — não pelo Vale do Silício, mas por um pequeno centro comercial coberto de artemísia num deserto de silício.

ED ROBERTS E O ALTAIR

Houve outro tipo de personagem que ajudou a criar o computador pessoal: o empreendedor em série. Com o tempo, esses *startup jockeys* supercafeinados acabariam dominando o Vale do Silício, expulsando os hippies, a turma da Whole Earth, os organizadores de comunidades e os hackers. Mas o primeiro dessa raça a ter êxito na criação de um computador pessoal comercializável estava baseado longe do

Vale do Silício e dos centros de computação da Costa Leste.

Quando o microprocessador Intel 8080 estava prestes a ser lançado, em abril de 1974, Ed Roberts conseguiu obter folhas de dados, escritas à mão, que o descreviam. Corpulento empresário com escritório em Albuquerque, Novo México, loja no térreo, ele apresentou uma ideia perfeitamente simples do que era capaz de fazer usando essa "máquina de calcular num chip": um computador.[108]

Roberts não era um cientista da computação, nem sequer um hacker. Não tinha teorias grandiosas sobre como aumentar a inteligência ou sobre a simbiose forjada por interfaces gráficas de usuário. Nunca tinha ouvido falar em Vannevar Bush ou Doug Engelbart. Era, na verdade, um hobbista. Tinha uma curiosidade e uma paixão que faziam dele, como disse um colega de trabalho, "o hobbista supremo do mundo".[109] Não era do tipo que se derretia ao falar da cultura do fazedor, mas do tipo que fornecia coisas para meninos de rosto espinhento (e agia como uma versão enorme deles) que adoravam brincar com aeromodelos e disparar foguetes no quintal. Roberts ajudou a inaugurar um período no qual o mundo da computação pessoal foi impulsionado não por jovens prodígios de Stanford e do MIT, mas por hobbistas de Heathkit que adoravam o doce perfume da solda.

Roberts nasceu em Miami em 1941, filho de um restaurador de eletrodomésticos. Ingressou na Força Aérea, que o enviou à Universidade Estadual de Oklahoma para estudar engenharia e depois o designou para a divisão de laser de um laboratório de armas em Albuquerque. Ali ele começou a abrir negócios, como, por exemplo, uma firma que operava os personagens animados da vitrine de Natal de uma loja de departamentos. Em 1969, ele e um colega da Força Aérea chamado Forrest Mims fundaram uma empresa voltada para o pequeno mas apaixonado mercado de aficionados do foguetemodelismo. A firma produzia kits do tipo "faça você mesmo" para que entusiastas de fundo de quintal montassem luzes intermitentes e aparelhos de rádio em miniatura que lhes permitissem seguir a trajetória de seus foguetes de brinquedo.

Roberts tinha o alegre otimismo de um viciado em inventar negócios. Segundo Mims, "ele tinha a suprema confiança em que seus dons de empresário lhe permitiriam realizar a ambição de ganhar 1 milhão de dólares, de aprender a voar, de ter o seu próprio avião, de viver numa fazenda e de concluir a faculdade de medicina".[110] Deram à empresa o nome de MITS, lembrando o MIT, e depois, num processo de engenharia reversa, alegaram que era a sigla de Micro Instrumentation and Telemetry Systems [Sistemas de Microinstrumentação e Telemetria]. Seu escritório, que lhes custava cem dólares por mês e fora uma lanchonete, ficava entre uma casa de massagem e uma Laundromat, num pequeno e desgastado centro de compras. A velha placa da lanchonete, "The Enchanted Sandwich Shop", de maneira muito adequada, aliás, continuou pendurada na porta da MITS.

Seguindo os passos de Jack Kilby, da Texas Instruments, Roberts fez uma incursão no negócio das calculadoras eletrônicas. Com o entendimento que tinha da

mentalidade hobbista, ele vendia suas calculadoras como kits para montar, ainda que os aparelhos já montados não devessem custar muito mais caro. Então, teve a sorte de conhecer Les Solomon, o editor de tecnologia da revista *Popular Electronics*, que tinha visitado Albuquerque numa viagem à procura de assuntos que valessem uma boa reportagem. Solomon pediu a Roberts que escrevesse um artigo, cujo título, "Uma calculadora eletrônica de escritório que você pode construir", apareceu na capa de novembro de 1971. Em 1973, a MITS tinha 110 empregados e faturava 1 milhão de dólares. Mas os preços das calculadoras de bolso estavam caindo, e não era mais possível ter lucro. "Passamos por um período em que o custo de despachar um kit de calculadora era de 39 dólares, e podia-se comprar uma na *drugstore* por 29 dólares", lembrou Roberts.[111] No fim de 1974, a MITS estava devendo mais de 350 mil dólares.

Ed Roberts (1941-2010).

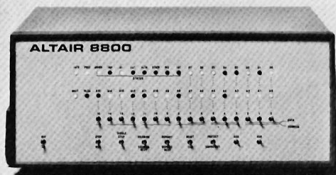
HOW TO "READ" FM TUNER SPECIFICATIONS

Popular Electronics

WORLD'S LARGEST-SELLING ELECTRONICS MAGAZINE JANUARY 1975/75¢

PROJECT BREAKTHROUGH!

World's First Minicomputer Kit to Rival Commercial Models...

"ALTAIR 8800" SAVE OVER $1000

ALSO IN THIS ISSUE:

- An Under-$90 Scientific Calculator Project
- CCD's—TV Camera Tube Successor?
- Thyristor-Controlled Photoflashers

TEST REPORTS:

Technics 200 Speaker System
Pioneer RT-1011 Open-Reel Recorder
Tram Diamond-4
Edmund Scientif
Hewlett-Packar

18101

O Altair na capa, janeiro de 1975.

Empresário impetuoso, Roberts reagiu à crise lançando um negócio completamente novo. Sempre fora fascinado por computadores e imaginava que outros hobbistas também eram. Seu objetivo, como disse, entusiasmado, a um amigo,

era construir um computador para as massas, que acabasse de uma vez por todas com o Clero da Computação. Depois de estudar as instruções do Intel 8080, Roberts concluiu que a MITS seria capaz de produzir um kit "faça você mesmo" para um computador rudimentar tão barato — menos de quatrocentos dólares — que qualquer entusiasta poderia comprar. "Achamos que ele estava se precipitando", confessaria depois um colega.[112]

A Intel vendia o 8080 por 350 dólares no varejo, mas Roberts conseguiu convencê-la a vender-lhe por 75 dólares a unidade, com a condição de comprar mil. Em seguida, ele conseguiu um empréstimo bancário batendo na tecla de que venderia tudo, embora, no fundo, temesse que as encomendas iniciais ficassem mais perto de duzentos do que de mil. Não era problema. Ele tinha a emblemática atitude do empreendedor: ou seria bem-sucedido e mudaria a história, ou iria à falência ainda mais rápido.

A máquina que Roberts e sua heterogênea turma construíram não teria impressionado Engelbart, Kay ou os demais que trabalhavam em laboratórios em volta de Stanford. Tinha apenas 256 bytes de memória e vinha sem teclado ou qualquer outro dispositivo de entrada. A única maneira de introduzir dados ou instruções era acionar uma fila de interruptores. Os magos do Xerox PARC estavam construindo interfaces gráficas para mostrar informações; a máquina que saiu da ex-Enchanted Sandwich Shop só conseguia exibir respostas em código binário através de algumas luzes que acendiam e apagavam no painel frontal. Pode não ter sido um triunfo tecnológico, mas era o que hobbistas anelavam. Havia uma demanda reprimida por um computador que eles próprios pudessem fazer e possuir, exatamente como um aparelho de radioamador.

O conhecimento público é um importante componente das inovações. Um computador criado, digamos, num porão em Iowa, sobre o qual ninguém escreve nada, torna-se para a história como uma árvore que cai na floresta inabitada de George Berkeley; não é óbvio que chegue a fazer barulho. A Mãe de Todas as Demonstrações ajudou as inovações de Engelbart a se tornar populares. É por isso que os lançamentos de produtos são tão importantes. A máquina da MITS poderia ter definhado com as calculadoras não vendidas em Albuquerque, se antes Roberts não tivesse feito amizade com Les Solomon, da *Popular Electronics*, que estava para a turma dos Heathkit assim como a *Rolling Stone* estava para os fãs de rock.

Solomon, aventureiro nascido no Brooklyn, que quando jovem tinha lutado com Menachen Begin e os sionistas na Palestina, estava ansioso para encontrar um computador pessoal que pudesse estampar na capa de sua revista. Um concorrente tinha feito uma matéria de capa sobre um kit de computador chamado Mark-8, uma caixa que quase não funcionava direito usando o anêmico Intel 8008. Solomon sabia que precisava superar essa reportagem com rapidez. Roberts lhe enviou o único

protótipo aproveitável de sua máquina da MITS por intermédio da Railway Express Agency, que o perdeu. (O venerável serviço de encomendas fechou poucos meses depois.) Em razão disso, o número de janeiro de 1975 da *Popular Electronics* apresentou uma versão falsa. Enquanto se apressavam para mandar imprimir o artigo, Roberts ainda não tinha escolhido um nome para o computador. Segundo Solomon, sua filha, viciada na série *Jornada nas estrelas*, sugeriu o nome da estrela que a nave espacial *Enterprise* estava visitando no episódio daquela noite, Altair. E com isso o primeiro computador pessoal de verdade para consumo doméstico, e capaz de funcionar, chamou-se Altair 8800.[113]

"A era do computador em cada casa — assunto favorito dos escritores de ficção científica — chegou!", exclamava o lide da reportagem da *Popular Electronics*.[114] Pela primeira vez, um computador que funcionava e tinha preço acessível era comercializado para o grande público. "Para mim", declararia depois Bill Gates, "o Altair é a primeira coisa que merece ser chamada de computador pessoal."[115]

No dia em que o número da *Popular Electronics* chegou às bancas, começaram a chover encomendas. Roberts precisou contratar mais gente em Albuquerque para dar conta dos telefonemas. Num único dia receberam quatrocentos pedidos, e em alguns meses 5 mil kits tinham sido vendidos (embora não despachados, porque a MITS não tinha a menor condição de fabricá-los no mesmo ritmo). As pessoas mandavam cheques para uma empresa sobre a qual nunca tinham ouvido falar, numa cidade cujo nome não conseguiam pronunciar, na esperança de um dia receberem uma caixa com peças que poderiam soldar e que, se tudo corresse bem, fariam algumas luzes piscar, com base em informações que elas teriam de introduzir penosamente usando interruptores. Com a paixão de hobbistas, queriam ter seu próprio computador — não um aparelho compartilhado, ou em rede com outras pessoas, mas um aparelho com o qual pudessem brincar sozinhas, no quarto ou no porão.

Em consequência disso, hobbistas de clubes de eletrônica, aliados a hippies do *Whole Earth Catalog* e hackers caseiros, lançaram uma nova indústria, a dos computadores pessoais, que impulsionaria o crescimento econômico e transformaria nosso modo de viver e trabalhar. Num movimento de transferência de poder para o povo, os computadores foram tirados do controle exclusivo das corporações e dos militares e postos nas mãos de indivíduos, sendo convertidos em ferramentas de enriquecimento, produtividade e criatividade pessoais. "A sociedade distópica imaginada por George Orwell na esteira da Segunda Guerra Mundial, mais ou menos na época em que o transístor foi inventado, deixara de se materializar", escreveram os historiadores Michael Riordan e Lillian Hoddeson, "em grande parte porque dispositivos eletrônicos transistorizados fortaleceram indivíduos criativos e empreendedores espertos muito mais do que o Big Brother."[116]

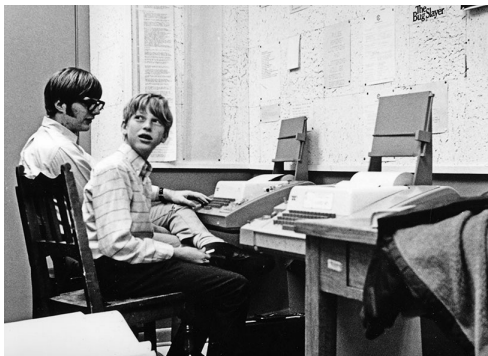
A ESTREIA DO HOMEBREW

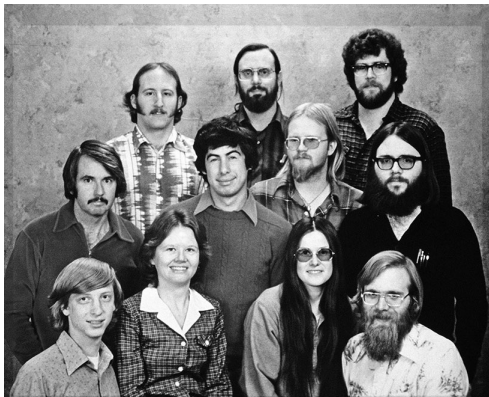
Na primeira reunião do Homebrew Computer Club, em março de 1975, o Altair foi a peça central. A MITS o mandara ao *People's Computer Company* para exame, e ele passou por Felsenstein, Lipkin e outros antes de ser levado para a reunião. Ali, foi exposto numa garagem repleta de hobbistas, hippies e hackers. A maioria não ficou muito impressionada — "Não era nada, só interruptores e luzes", disse Felsenstein —, mas pressentiu que aquilo anunciava uma nova era. Trinta pessoas se juntaram em volta e compartilharam o que sabiam. "Aquele talvez tenha sido o momento em que o computador pessoal se tornou uma tecnologia de convívio", lembra Felsenstein.[117]

Um hacker incondicional, Steve Dompier, falou em ir pessoalmente a Albuquerque arrancar à força uma máquina da MITS, que estava tendo dificuldade para atender os pedidos. Por ocasião da terceira reunião do Homebrew, em abril de 1975, ele tinha feito uma descoberta curiosa. Escrevera um programa para pôr números em ordem, e enquanto o rodava ouvia a previsão do tempo num rádio transístor de baixa frequência. O rádio começou a emitir um zip-*zzziiip*-ZZZIIIPPP em alturas diferentes, e Dompier pensou consigo mesmo: "E essa, agora? Meu primeiro dispositivo periférico!". Então, fez uma experiência. "Tentei outros programas para ouvir o som que faziam, e depois de mais ou menos oito horas mexendo com aquilo eu tinha um programa capaz de produzir tons musicais e até mesmo fazer música."[118] Ele fez um gráfico dos tons feitos por diferentes loops de programas e acabou inserindo um programa com o uso dos interruptores que, quando rodou, tocava "The Fool on the Hill", dos Beatles, em seu pequeno rádio.[e] Os tons não eram bonitos, mas a turma do Homebrew reagiu com um momento de silêncio reverente, depois com vivas e um pedido de bis. Dompier então fez seu Altair produzir uma versão de "Daisy Bell (Bicycle Built for Two)", a primeira música tocada por um computador, nos Laboratórios Bell, num IBM 704, em 1961, e reprisada em 1968 por HAL, quando estava sendo desmontado em *2001: Uma odisseia no espaço*, de Stanley Kubrick. "Geneticamente herdada" foi como Dompier descreveu a canção. Os membros do Homebrew Club tinham encontrado um computador que podiam levar para casa e fazer com ele coisas lindas, incluindo, como Ada Lovelace previra, reproduzir música.

Dompier publicou seu programa musical no número seguinte da *People's Computer Company*, que, em termos históricos, provocou uma reação digna de nota de um leitor perplexo. "Steve Dompier tem um artigo sobre o programa musical que escreveu para o Altair na publicação *People's Computer Company*", anunciou Bill Gates, aluno de Harvard de licença, na época desenvolvendo softwares para a MITS em Albuquerque, no boletim do Altair. "O artigo traz uma lista de seu programa e os dados musicais para 'The Fool on the Hill' e 'Daisy'. Não explica por que funciona e não vejo por quê. Alguém sabe?"[119] A resposta simples era que o computador, quando rodava os programas, produzia interferências de radiofrequência que podiam

ser controladas pelos *timing loops* e capturadas como pulsos por um rádio AM.

Quando sua dúvida foi publicada, Gates já estava envolvido numa controvérsia mais fundamental com o Homebrew Computer Club. Ela se tornou o choque arquetípico entre a ética comercial, que acreditava na proteção das informações por patente, representada por Gates, e a ética hacker, de livre compartilhamento das informações, representada pela turma do Homebrew.

Paul Allen (1953-) e Bill Gates (1955-) na sala de computadores da escola Lakeside.

Gates preso por excesso de velocidade, 1977.

A equipe da Microsoft, com Gates no canto inferior esquerdo e Allen no canto inferior direito, pouco antes de deixarem Albuquerque, em dezembro de 1978.

---

a O texto foi publicado no mesmo mês em que ele apresentou ao presidente Truman seu outro ensaio pioneiro, "Science, the Endless Frontier" [Ciência, a fronteira perpétua], que propunha a criação de uma colaboração de pesquisa entre governo, indústria e universidades. Ver capítulo 7.

b A estação de trabalho Xerox Star só foi lançada em 1981, oito anos depois da invenção do Alto, e nem mesmo ela foi de início comercializada como computador independente, mas como parte de um "sistema integrado de escritório", que incluía um servidor de arquivos, uma impressora e, em geral, outras estações de trabalho interconectadas em rede.

c Em 2014, Felsenstein estava trabalhando num brinquedo/kit para alunos de colégio que seria como um conjunto de placa-mãe eletrônica Lego que os ajudaria a visualizar bits, componentes eletrônicos e funções lógicas como *não*, *ou* e *e*.

d Quando a revista *Wired* dedicou sua edição de abril de 2011 à cultura do fazedor, pôs na capa pela primeira vez uma engenheira, Limor Fried, empresária de "faça você mesmo" formada no MIT, que, em homenagem a Ada Lovelace, tem o apelido de

"Ladyada" e deu à sua empresa o nome de Adafruit Industries.
e Para ouvir o Altair de Dompier tocar "Fool on the Hill", acesse <http://startup.nmnturalhistory.org/gallery/story.php?ii=46>.

9. Software

Quando Paul Allen foi até a atulhada banca de revistas no meio de Harvard Square e viu o Altair na capa do número de janeiro de 1975 da *Popular Electronics*, ficou ao mesmo tempo exultante e consternado. Embora emocionado com a chegada da era do computador pessoal, estava com medo de perder a festa. Tirou do bolso 75 centavos, pegou a revista e saiu às pressas pela neve lamacenta para o quarto de Bill Gates em Harvard. Gates, de Seattle como ele, fora seu colega no ensino médio e também era fanático por computação, e o convencera a abandonar a faculdade e mudar-se para Cambridge. "Ei, isto está acontecendo sem a gente", declarou Allen. Gates começou a balançar para a frente e para trás, como costumava fazer em momentos de intensidade. Quando terminou de ler o artigo, concordou com Allen. Nas oito semanas seguintes, os dois se lançaram num frenesi de criação de códigos que mudaria a natureza do negócio de computadores.[1]

Ao contrário dos pioneiros da computação que vieram antes dele, Gates, que nasceu em 1955, não fora criado dando muita importância a hardware. Ele nunca tinha sentido a emoção de construir rádios Heathkit ou de soldar placas de circuito. Um professor de física do ensino médio, irritado com a arrogância que ele por vezes demonstrava ao disputar o terminal de tempo compartilhado da escola, certa vez lhe

passara como tarefa o projeto de montar uma engenhoca com um kit eletrônico da Radio Shack. Quando Gates enfim apresentou o trabalho, recordou o professor, "havia solda pingando por toda a parte de trás" e ele não funcionou.[2]

Para Gates, a magia dos computadores nada tinha a ver com circuitos de hardware, mas com códigos de software. "Não somos gurus de hardware, Paul", dizia sempre que Allen propunha construírem uma máquina. "A gente entende é de software." Até Allen, o amigo um pouquinho mais velho, que *tinha construído* rádios de ondas curtas, sabia que o futuro pertencia aos codificadores. "Hardware", admitia, "não era nossa área de expertise."[3]

O que Gates e Allen resolveram fazer naquele dia de dezembro de 1974, quando viram pela primeira vez a capa da *Popular Electronics*, foi criar o software para computadores pessoais. Mais que isso, estavam dispostos a alterar o equilíbrio de forças na indústria emergente, para que o hardware se tornasse mercadoria intercambiável, enquanto aqueles que criavam os sistemas operacionais e os aplicativos ficassem com a maior parte dos lucros. "Quando Paul me mostrou a revista, não existia indústria de software", lembra-se Gates. "Tivemos a intuição de que se podia criar uma. E criamos." Anos depois, refletindo sobre suas inovações, ele disse: "Foi a ideia mais importante que já tive".[4]

BILL GATES

O movimento oscilante de Gates enquanto lia o artigo da *Popular Electronics* era um sinal de intensidade desde a infância. "Quando bebê, ele costumava balançar para a frente e para trás sozinho no berço", lembrou o pai, um advogado afável e bem-sucedido. Seu brinquedo favorito era um cavalinho de pau com molas.[5]

A mãe de Gates, líder civil muito respeitada, de uma importante família de banqueiros de Seattle, era conhecida pela obstinação, mas logo descobriu que não era páreo para o filho. Com frequência, quando ela o chamava para jantar, ele, em seu quarto no porão, que ela desistira de convencê-lo a limpar, simplesmente não respondia. "O que você está fazendo?", perguntou ela, certa vez.

"Pensando", berrou ele de volta.

"Pensando?"

"Sim, mãe, pensando", respondeu ele. "Já tentou pensar?"

Ela o levou a um psicólogo, que o fez ler livros sobre Freud, livros que ele devorou, mas foi incapaz de domar seu comportamento. Depois de um ano de sessões, o psicólogo disse à mãe de Gates: "A senhora vai perder. Melhor se adaptar, porque não há sentido em tentar vencê-lo". Contou o pai: "Ela acabou aceitando que era inútil tentar competir com ele".[6]

Apesar dessa rebeldia ocasional, Gates gostava de fazer parte de uma família amorosa e unida. Os pais e as duas irmãs adoravam conversas animadas à mesa do

jantar, jogos de salão, de cartas e quebra-cabeças. Como o nome dele era William Gates III, a avó, ávida jogadora de bridge (e estrela do basquete), deu-lhe a alcunha de Trey, termo de baralho para o 3, que se tornou seu apelido de menino. Junto com amigos da família, eles passavam a maior parte do verão, e alguns fins de semana, num conjunto de chalés no Hood Canal, perto de Seattle, onde os meninos travavam uma "Cheerio Olympics", que tinha uma cerimônia de abertura formal, incluindo desfile com tochas, seguida de corridas de três pernas, lançamento de ovos e outros jogos parecidos. "Jogava-se muito a sério", recordou o pai. "Ganhar era importante."[7] Foi ali que Gates, com onze anos, negociou seu primeiro contrato formal; ele redigiu e assinou um pacto com uma das irmãs que lhe dava o direito, não exclusivo, mas ilimitado, de usar a luva de beisebol dela por cinco dólares. "Quando Trey quiser, a luva é dele", rezava uma das cláusulas.[8]

Gates tendia a evitar esportes de equipe, mas se tornou sério jogador de tênis e esquiador aquático. Também se dedicava com assiduidade a aperfeiçoar truques divertidos, como pular de dentro de uma lata de lixo sem tocar na borda. O pai tinha sido escoteiro (podia-se ver nele, pela vida afora, todas as doze virtudes da Lei Escoteira), e o jovem Bill, por sua vez, se tornou um escoteiro entusiasmado, alcançando o Life Rank, faltando-lhe apenas três insígnias para se tornar um Eagle. Numa reunião de escoteiros, ele ensinou a usar um computador, mas isso aconteceu antes de se poder ganhar uma insígnia por habilidades computacionais.[9]

Apesar dessas atividades saudáveis, o excepcional intelecto de Gates, seus óculos grandes, seu físico "pele e osso", sua voz estridente e seu estilo CDF — camisa em geral abotoada até o pescoço — tornavam-no pouco atraente e pouco sociável. "Era um nerd antes que o termo fosse inventado", declarou um professor. Sua intensidade intelectual era legendária. Na quarta série, quando a turma da aula de ciências recebeu como dever de casa uma dissertação de cinco páginas, ele apresentou uma de trinta. Naquele ano, ele respondeu "cientista" quando lhe perguntaram por escrito qual seria sua profissão. Também ganhou um jantar no topo do Obelisco Espacial de Seattle por decorar e recitar de modo exato o Sermão da Montanha numa competição conduzida pelo pastor de sua família.[10]

No outono de 1967, quando Gates acabara de fazer doze anos, mas ainda parecia ter uns nove, os pais perceberam que ele aproveitaria mais os estudos se fosse para uma escola privada. "Ficamos preocupados quando chegou a hora de ele ir para sétima série", disse o pai. "Era pequeno e tímido, precisava de proteção, e seus interesses eram muito diferentes dos interesses comuns de alunos da sexta série."[11] Escolheram Lakeside, com seus velhos prédios de tijolos, que lembravam os cursos preparatórios da Nova Inglaterra e onde estudavam os filhos (e dentro de pouco tempo as filhas) do establishment comercial e profissional de Seattle.

Poucos meses depois de Gates ingressar em Lakeside, sua vida sofreu uma mudança com a chegada de um terminal de computador numa pequena sala do edifício de ciências e matemática. Na realidade, não se tratava bem de um computador, mas de

um terminal de teletipo ligado por linha telefônica a um sistema de computador de tempo compartilhado Mark II da General Electric. O Clube das Mães de Lakeside, com 3 mil dólares obtidos numa *garage sale*, havia adquirido o direito de usar o sistema a 4,80 dólares o minuto. Ficaria claro que elas tinham subestimado lamentavelmente o interesse despertado por essa nova atividade — e os custos. Quando o professor da sétima série lhe mostrou a máquina, Gates foi fisgado no mesmo instante. "Eu sabia mais do que ele naquele primeiro dia", lembrou o professor, "mas só naquele primeiro dia."[12]

Gates começou a ir à sala do computador sempre que podia, todos os dias, com um dedicado grupo de amigos. "Aquele era o nosso mundo", recordou. O terminal de computador tornou-se para ele o que uma bússola de brinquedo tinha sido para o jovem Einstein: um objeto hipnótico que despertava a mais profunda e apaixonada curiosidade. Num esforço para explicar o que amava no computador, Gates diria depois que era a simples beleza do rigor lógico, coisa que ele tinha cultivado em seu próprio pensamento. "Quando se usa um computador, não se pode fazer declarações vagas. Só declarações precisas."[13]

A linguagem que o computador usava era o BASIC, Beginner's All-Purpose Symbolic Instruction Code, desenvolvida poucos anos antes em Dartmouth para permitir que não engenheiros escrevessem programas. Embora nenhum professor de Lakeside conhecesse o BASIC, Gates e seus amigos assimilaram o manual de quarenta páginas e se tornaram magos em seu uso. Não demorou para que passassem a aprender sozinhos linguagens mais sofisticadas, como Fortran e COBOL, mas o BASIC continuou sendo o primeiro amor de Gates. Ainda no ensino médio, ele produziu programas que jogavam o jogo da velha e convertiam números de uma base matemática para outra.

Paul Allen estava dois anos à frente de Gates, e fisicamente era muito mais maduro (tinha até suíças) quando se conheceram na sala do computador de Lakeside. Alto e sociável, não era o CDF típico. Encantou-se de cara com Gates, que lhe pareceu curioso e divertido. "Vi um aluno da oitava série magro e desajeitado, rosto cheio de sardas, abrindo caminho na multidão em volta do teletipo, todo ele braços e pernas e nervosa energia", lembra-se Allen. "Para onde você olhava, lá estava aquele cabelo louro." Os dois meninos fizeram amizade e com frequência trabalhavam até tarde da noite na sala do computador. "Ele era de fato competitivo", disse Allen. "Queria mostrar que era inteligente. E era muito, muito persistente."[14]

Um dia, Allen, que vinha de uma família bem mais modesta (o pai era administrador de uma biblioteca na Universidade de Washington), visitou Gates em casa e ficou maravilhado. "Os pais assinavam a *Fortune* e Bill a lia religiosamente." Quando Gates lhe perguntou como ele achava que era dirigir uma grande empresa, Allen respondeu que não tinha a menor ideia. "Talvez um dia a gente tenha a nossa própria empresa", declarou Gates.[15]

Um traço que diferenciava os dois era a capacidade de concentração. A mente

de Allen viajava entre muitas ideias e paixões, mas Gates era uma espécie de obsessivo em série. "Enquanto eu tinha curiosidade de estudar tudo que via, Bill se concentrava numa tarefa de cada vez, com absoluta disciplina", disse Allen. "Isso ficava muito claro quando ele estava fazendo um programa — sentava-se com um marcador preso na boca, batendo os pés no chão e balançando, impermeável a qualquer distração."[16]

Aparentemente, Gates podia dar a impressão de ser um nerd e um pirralho. Parecia gostar do confronto, mesmo com professores, e quando estava furioso fazia pirraça. Era um gênio, sabia que era e gabava-se disso. "Isso é idiotice", diria ele, tanto a colegas de classe como a professores. Ou intensificaria o insulto, dizendo que era "a coisa mais cretina que já ouvi", ou "isso é totalmente idiota". Certa ocasião, riu de um menino na sala de aula que estava demorando a entender uma explicação, o que levou um aluno muito popular a sentar-se na frente de Gates, virar-se para trás e agarrá-lo pela gola abotoada para lhe dar um murro. O professor teve que intervir.

Mas, para quem o conhecia, Gates era mais do que apenas um nerd e um pirralho. Intenso e rápido de raciocínio, também tinha senso de humor, amava aventuras, arriscava-se fisicamente e gostava de organizar atividades. Com dezesseis anos, ganhou um Mustang vermelho zero (ainda o guardava mais de quarenta anos depois, preservado na garagem de sua mansão), com o qual participava de pegas com os amigos. Também levava os amigos para o conjunto de chalés da família no Hood Canal, onde fazia *parasailing* pendurado numa corda de trezentos metros atrás de uma lancha. Decorou o clássico conto "The Night the Bed Fell" [A noite em que a cama caiu], de James Thurber, para uma apresentação escolar, e estrelou uma produção de *Black Comedy* [Comédia negra], de Peter Shaffer. Mais ou menos nessa época, começou a informar às pessoas, em tom muito prático e prosaico, que ganharia 1 milhão de dólares antes dos trinta anos. A verdade é que ele se subestimou: aos trinta, teria uma fortuna de 350 milhões de dólares.

O LAKESIDE PROGRAMMING GROUP

No outono de 1968, quando Gates entrou na oitava série, ele e Allen formaram o Lakeside Programming Group. Em parte, era uma versão nerd de uma gangue. "No fundo, o Lakeside Programming Group era um clube de meninos, com muita disputa por uma posição de superioridade e muita testosterona no ar", disse Allen. Mas o grupo logo se metamorfoseou em empresa voltada para o lucro e muito competitiva. "Eu era o motor", declarou Gates. "Eu era o sujeito que dizia 'Vamos visitar o mundo real, e tentar vender-lhe alguma coisa'."[17] Como observaria Allen depois, um pouco irritado, "enquanto estávamos todos empenhados em mostrar nossas coisas, Bill era o mais motivado e competitivo, sem a menor dúvida".[18]

O Lakeside Programming Group incluía mais dois frequentadores da sala do

computador da escola. Ric Weiland, colega de classe de Allen no primeiro ano do ensino médio, era coroinha de uma igreja luterana, cujo pai era engenheiro da Boeing. Dois anos antes, fizera seu primeiro computador no porão de casa. Tinha uma aparência bem diferente da dos outros obcecados que viviam enfurnados na sala do computador. Extraordinariamente bonito, alto, queixo quadrado, musculoso, lutava para aceitar que era gay, coisa muito difícil de tratar às claras num colégio conservador nos anos 1960.

O outro membro era Kent Evans, que estava na oitava série, junto com Gates. Filho de um ministro unitarista, era sociável e sempre afável, com um sorriso torto mas sedutor, que vinha do fato de ter nascido com fissura labiopalatal, que teve de ser corrigida com cirurgia. Era muitíssimo corajoso e desinibido, tanto ao ligar para tentar vender alguma coisa a executivos quanto para escalar íngremes penhascos. Tinha inventado o nome Lakeside Programming Group para conseguir material de graça das empresas que anunciavam em revistas eletrônicas. Também adorava fazer negócios, e ele e Gates, de quem se tornou o melhor amigo, liam juntos todos os números da revista *Fortune*. "Íamos conquistar o mundo", contou Gates. "Tínhamos conversas intermináveis no telefone. Ainda lembro seu número."19

O primeiro trabalho do Lakeside Programming Group surgiu no outono de 1968. Alguns engenheiros da Universidade de Washington tinham formado uma pequena empresa de tempo compartilhado, sediada numa concessionária Buick abandonada, à qual deram o nome de Computer Center Corporation, e o apelido de C-Cubed. Compraram um PDP-10 da Digital Equipment Corporation (DEC) — versátil mainframe que estava fadado a tornar-se burro de carga da crescente indústria de tempo compartilhado e a máquina favorita de Gates — com a intenção de vender tempo para clientes, como a Boeing, que se conectaria através do teletipo e de linhas telefônicas. Um dos parceiros da C-Cubed era uma mãe de Lakeside, que fez uma oferta à gangue de Gates, mais ou menos equivalente a propor a uma legião de alunos da terceira série serem provadores numa fábrica de chocolates. Sua missão: usar o novo PDP-10 o máximo que pudessem, pelo tempo que quisessem, programando e brincando à noite e nos fins de semana, para descobrir que tipo de atividade o faria travar. Estava no contrato da C-Cubed com a DEC que a empresa só pagaria *lease* pela máquina quando todos os erros tivessem sido eliminados e seu funcionamento se mostrasse estável. A DEC não imaginava que a máquina seria testada pelos fogosos púberes do Lakeside Programming Group.

Havia duas regras: sempre que fizessem a máquina travar, eles deviam descrever o que tinham feito, e não podiam voltar a fazer a mesma coisa enquanto não recebessem ordem. "Eles nos trouxeram como se fôssemos macacos, para descobrir falhas", lembra-se Gates. "Com isso, exigíamos tudo da máquina, na base da força bruta." O PDP-10 tinha três fitas magnéticas, e os meninos de Lakeside faziam as três girarem ao mesmo tempo, e tentavam travar o sistema lançando uma dezena de programas para usar toda a memória que pudessem. "Era um negócio de maluco",

disse Gates.[20] Em troca dessa corrida de teste, eles podiam usar a máquina pelo tempo que quisessem para escrever seus próprios programas. Criaram um jogo de *Banco Imobiliário*, com geradores de números aleatórios para lançar os dados, e Gates cedeu ao seu fascínio por Napoleão (outro mago da matemática) preparando um complexo jogo de exercício militar. "A gente tinha aqueles exércitos e travava batalhas", explicou Allen. "O programa foi crescendo, crescendo, e por fim, quando totalmente espichado, chegava a uns quinze metros de fita de teletipo."[21]

Os meninos tomavam o ônibus para o C-Cubed e passavam as noites e os fins de semana concentrados na sala do terminal. "Virei fanático", contou Gates. "Era dia e noite." Eles programavam até não aguentar mais de fome, depois atravessavam a rua para um lugar frequentado por hippies, o Morningtown Pizza. Gates ficou obcecado. Seu quarto em casa vivia cheio de roupas e papel de teletipo espalhados. Os pais tentaram impor um toque de recolher, mas não funcionou. "Estavam tão envolvidos", lembrou o pai, "que ele se esgueirava pela porta do porão quando íamos para a cama e passava a maior parte da noite no C-Cubed."[22]

O executivo do C-Cubed que se tornou mentor da turma não foi outro senão Steve "Slug" Russell, o criativo e irônico programador que, quando aluno do MIT, criara o jogo *Spacewar*. A tocha estava sendo transmitida para uma nova geração de hackers. "Bill e Paul achavam travar a máquina tão divertido que eu precisava lembrar a eles o tempo todo que não deveriam voltar a fazê-lo sem que mandássemos", contou Russell.[23] "Quando eu me intrometia no que estavam fazendo, eles me lançavam uma ou cinco perguntas, e minha tendência natural era dar respostas longas."[24] O que impressionava Russell em especial era a capacidade de Gates de associar diferentes tipos de erro a programadores específicos na sede da DEC. Um típico relatório de falhas preparado por Gates dizia: "Bem, o código do sr. Faboli nesta linha, ele cometeu o mesmo erro de não checar o semáforo quando estava mudando de status. Basta inserirmos esta linha aqui para nos livrarmos deste problema".[25]

Gates e Allen acabaram compreendendo a importância do sistema operacional do computador, que funcionava como se fosse o seu sistema nervoso. Como explicou Allen, "ele faz o trabalho logístico que permite à unidade central de processamento computar: mudando de um programa para outro; alocando armazenamento para arquivos; transferindo dados de e para modems, disk drives e impressoras". O software do sistema operacional do PDP-10 era chamado de TOPS-10, e Russell permitiu que Gates e Allen lessem, mas não levassem para casa, os manuais. Eles às vezes ficavam até de madrugada assimilando-os.

Para compreender plenamente o sistema operacional, Gates percebeu que teriam de ter acesso ao código-fonte, que os programadores usavam para especificar cada ação a ser executada. Mas o código-fonte era rigorosamente guardado pelos engenheiros-chefes e estava fora do alcance dos meninos de Lakeside. Isso fazia com que ele fosse visto como o Santo Graal. Certo fim de semana, eles descobriram que cópias impressas do trabalho dos programadores eram descartadas numa grande

caçamba de lixo nos fundos do edifício. Allen trançou as mãos para servir de apoio a Gates — "Ele com certeza não pesava mais de cinquenta quilos", disse Allen —, e ele mergulhou no receptáculo para fuçar entre pó de café e lixo até encontrar as pilhas de formulários contínuos manchados e amassados. "Levamos aquele tesouro para a sala do terminal e nos debruçamos horas sobre ele", contou Allen. "Não tive nenhuma Pedra de Roseta que pudesse me ajudar, e compreendia mais ou menos uma ou duas linhas em cada dez, mas fiquei totalmente embevecido com a rigorosa elegância escrita do código-fonte."

Isso levou Gates e Allen a querer esmiuçar mais fundo. A fim de compreender a arquitetura do sistema operacional, eles precisariam dominar o código assembly, os comandos subjacentes — "Carregue B. Acrescente C. Armazene em A." — que falavam direto com o hardware da máquina. Lembra-se Allen: "Notando meu interesse, Steve Russell me chamou de lado, me deu um manual de assembler encadernado em plástico brilhante e disse: 'Você precisa ler isto'".[26] Ele e Gates liam os manuais e ainda assim ficavam confusos. Àquela altura, Russell lhes entregava outro, dizendo: "Hora de ler este". Depois de um tempo, eles dominavam todas as complexidades, e as simplicidades, que fazem um sistema operacional tão potente e tão gracioso.

Quando se determinou que o software da DEC enfim tinha se estabilizado, os meninos de Lakeside perderam o direito de usar o PDP-10 de graça. "O que eles falaram, basicamente, foi 'Tudo bem, macacos, hora de ir para casa'", disse Gates.[27] O Clube das Mães de Lakeside veio em seu socorro, pelo menos até certo ponto. Abriu contas pessoais para os garotos, mas havia um limite de tempo e dinheiro. Gates e Allen sabiam que jamais conseguiriam viver dentro desse limite e tentaram burlar o sistema obtendo a senha de um administrador, hackeando o arquivo do sistema contábil interno e decifrando o código de criptografia. Isso lhes permitiu tirar proveito das contas gratuitas. Mas antes que conseguissem produzir muito estrago, foram apanhados: o professor de matemática descobriu o rolo de papel de teletipo deles com números de conta e senhas. A questão foi submetida aos escalões superiores do C-Cubed e da DEC, e uma sisuda delegação visitou a escola para uma reunião no gabinete do diretor. Gates e Allen baixaram a cabeça, fingindo contrição, mas não adiantou. Foram proibidos de usar o sistema pelo resto do semestre e por todo o verão.

"Decidi parar de usar computadores por um tempo e tentei ser normal", contou Gates. "Resolvi provar que podia conseguir só notas altas sem jamais levar um livro didático para casa. Em vez disso, li biografias de Napoleão e romances como *O apanhador no campo de centeio*."[28]

Durante quase um ano, o Lakeside Programming Group fez uma pausa. Então, no outono de 1970, a escola começou a pagar pelo uso em tempo compartilhado de

um PDP-10 de uma firma de Portland, Oregon, chamada Information Sciences, Inc. (ISI). Era caro, quinze dólares a hora. Gates e os amigos logo aprenderam a usá-lo de graça, hackeando-o, mas de novo foram apanhados. Tentaram então uma nova abordagem: escreveram uma carta para a ISI oferecendo seus serviços em troca de tempo livre no computador.

Os executivos da ISI tiveram lá suas dúvidas, de modo que os quatro rapazes foram a Portland, levando as cópias impressas e os códigos de programa, para mostrar que eram bons. "Resumimos nossa experiência e submetemos nossos currículos", lembra-se Allen. Gates, que acabara de completar dezesseis anos, escreveu o seu a lápis, numa folha de caderno pautada. Eles receberam a missão de escrever um programa de folha de pagamento que produzisse contracheques já com deduções e impostos.[29]

Foi quando surgiram os primeiros problemas no relacionamento entre Gates e Allen. O programa tinha que ser escrito não em BASIC (a linguagem que Gates preferia), mas em COBOL, a linguagem mais complexa desenvolvida por Grace Hopper e outros como padrão do mundo dos negócios. Ric Weiland conhecia o COBOL e escreveu um editor de programas para o sistema ISI, que Allen logo dominou. Nesse ponto, os dois rapazes mais velhos concluíram que não precisavam mais de Gates, nem de Kent Evans. "Paul e Rick resolveram que não havia trabalho suficiente e nos disseram: 'Não precisamos de vocês'", lembra Gates. "Achavam que iam fazer o trabalho e conseguir o tempo de computador."[30]

Gates foi excluído por seis semanas, durante as quais leu livros de álgebra e evitou Allen e Weiland. "Então Paul e Rick perceberam: 'Que merda, este programa é um saco'", contou Gates. O programa exigia não apenas conhecimentos de códigos, mas alguém que conseguisse calcular deduções de previdência, impostos federais e seguro-desemprego estadual. "Aí eles disseram: 'Estamos tendo dificuldade aqui, será que vocês poderiam voltar e nos ajudar?'." Foi quando Gates deu uma cartada que definiria suas futuras relações com Allen. "Aí eu disse: 'O.k., mas quem vai mandar sou eu. E vou me acostumar a mandar, e será difícil lidar comigo a partir de agora, a não ser que eu mande. E se vocês me puserem no comando, vou mandar nisto e em qualquer outra coisa que fizermos juntos'."[31]

E assim foi, a partir de então. Quando voltou para o grupo, Gates insistiu em transformar o Lakeside Programming Group numa entidade jurídica, usando um contrato preparado com a ajuda do pai. E embora sociedades não costumem ter presidentes, Gates começou a se intitular como tal. Tinha dezesseis anos. A seguir distribuiu os 18 mil dólares de tempo compartilhado de computador que estavam ganhando e puniu Allen. "Separei 4/11 para mim, 4/11 para Kent, 2/11 para Rick e 1/11 para Paul", lembra Gates.

Eles acharam realmente engraçado que eu tivesse dividido em onze partes.

> Mas Paul era muito preguiçoso, e nunca fez nada, e eu estava tentando decidir, tudo bem, há uma relação de dois para um entre o que Paul fez e o que Rick fez, e há mais do que uma relação de dois para um entre o que Rick fez o que Kent e eu fizemos.[32]

De início, Gates tentou dar a si mesmo um pouco mais do que a Evans. "Mas ele jamais admitiria." Evans era tão experiente em negócios quanto Gates. Quando terminaram o programa da folha de pagamentos, Evans fez uma anotação no meticuloso diário que escrevia:

> Na terça-feira vamos a Portland entregar o programa e, como dizem eles, "forjar um acordo para trabalhos futuros". Tudo até agora foi feito por seus benefícios educacionais e por grandes quantidades do caríssimo tempo de computador. Agora vamos querer alguns benefícios monetários também.[33]

As negociações foram tensas, e, por um momento, a ISI tentou segurar o pagamento em tempo de computador, porque fazia objeções à falta de documentos. Mas com a ajuda de uma carta escrita pelo pai de Gates, a disputa foi resolvida e o novo acordo, negociado.

No outono de 1971, no início do segundo ano do ensino médio de Gates, Lakeside se juntou a uma escola de meninas. Isso criou um pesadelo na programação das aulas, e os administradores pediram a Gates e Evans que escrevessem um programa para resolver o problema. Gates sabia que um calendário escolar tinha dezenas de variáveis — cursos obrigatórios, horários de professores, espaço na sala de aula, cursos avançados, disciplinas eletivas, seções que se sobrepunham, duas aulas seguidas de laboratório — que tornariam a tarefa dificílima, e recusou. Um professor aceitou o desafio, enquanto Gates e Evans davam aulas de computação no lugar dele. Mas naquele mês de janeiro, enquanto se esforçava para produzir um programa factível, o professor morreu na queda do pequeno avião em que viajava. Gates e Evans concordaram em assumir o trabalho. Passavam horas na sala do computador, com frequência dormindo lá mesmo, tentando escrever um novo programa a partir do zero. Em maio, ainda lutavam para terminá-lo a tempo de ser usado no próximo ano escolar.

Foi quando Evans, apesar de exausto, decidiu participar de uma excursão de alpinismo na qual se inscrevera. Ele não era atleta. "Foi muito estranho que ele se inscrevesse naquele curso de montanhismo", lembra-se Gates. "Acho que para ele era uma questão de disciplina." O pai de Evans, sabendo como o filho estava cansado, suplicou-lhe que cancelasse a viagem: "A última conversa que tive com ele foi para tentar convencê-lo a não ir, mas ele era desses que sempre terminam o que começam". A turma estava aprendendo a usar cordas numa das encostas mais suaves

quando Evans tropeçou. Primeiro tentou levantar-se, então continuou a rolar por quase duzentos metros na neve, numa geleira, apertando os braços contra o corpo para se proteger, em vez de abri-los em ângulo, como deveria ter feito. A cabeça bateu contra várias pedras, e ele morreu a bordo do helicóptero que foi resgatá-lo.

O diretor de Lakeside fez uma visita à casa de Gates, e Bill foi chamado ao quarto dos pais para receber a notícia.[a] O serviço fúnebre foi conduzido pelo professor de arte de Lakeside, Robert Fulghum, ministro unitarista como o pai de Evans e que, mais tarde, se tornaria um escritor popular (*Tudo que eu devia saber aprendi no jardim de infância*). "Eu, na verdade, nunca tinha pensado na morte de pessoas", contou Gates. "Na cerimônia, eu deveria dizer alguma coisa, mas não consegui me levantar. Por duas semanas, não fiz absolutamente nada." Depois disso, passou horas com os pais de Kent. "Kent era a menina dos olhos deles."[34]

Gates ligou para Paul Allen, que acabara de terminar o primeiro ano na Universidade Estadual de Washington, e lhe pediu que voltasse a Seattle para ajudá-lo no programa de calendário escolar. "Eu ia fazê-lo com o Kent", disse Gates. "Preciso de ajuda." Estava muito mal. "Bill ficou semanas deprimido", lembra-se Allen.[35] Levaram camas portáteis para o campus e, como nos velhos tempos, passaram as noites na sala do computador naquele verão de 1972, em estreito contato espiritual com um PDP-10. Com sua mente rigorosa, Gates conseguiu pegar o problema das variáveis do calendário escolar proposto pelo Cube de Rubik, e dividiu-o numa série de pequenos problemas componentes a serem solucionados em sequência. Também conseguiu entrar no curso de história com todas as moças certas e apenas outro rapaz ("um medroso") e garantir as tardes de terça-feira livres para ele e seus amigos mais adiantados. Mandaram preparar camisetas estampadas com um barril de chope e as palavras "Tuesday Club" inscritas na frente.[36]

Naquele verão, Gates e Allen ficaram encantados com o novo microprocessador 8008 da Intel, uma versão mais poderosa do "computador num chip" 4004. Ficaram tão animados com uma reportagem da *Electronics Magazine* que anos depois Gates ainda se lembraria do número da página. Se o chip pudesse mesmo atuar como um computador, e ser programado, perguntou Allen a Gates, por que não escrever uma linguagem de programação para ele, especificamente uma versão do BASIC? Se conseguissem a proeza, argumentou Allen, "pessoas comuns poderiam comprar computadores para ter no escritório, ou mesmo para ter em casa". Gates rejeitou o 8008, que não lhe parecia à altura da tarefa. "Será uma tartaruga de tão lento, e patético", respondeu ele. "E só a linguagem BASIC já ocuparia quase toda a memória. Não há potência suficiente." Allen reconheceu que Gates tinha razão, e os dois concordaram em esperar até que, em conformidade com a Lei de Moore, um microcomputador duas vezes mais potente aparecesse, dentro de um ou dois anos. Os parâmetros de sua parceria estavam ficando claros. "Eu era o homem de ideias, o que

concebia coisas tiradas do nada", explicou Allen. "Bill ouvia e me contestava, e se concentrava nas minhas melhores ideias para torná-las realidades. Nossa colaboração tinha uma tensão natural, mas em geral funcionava de maneira produtiva."[37]

Gates conseguira um contrato para analisar padrões de tráfego para uma empresa que contava quantos carros passavam por cima de tubos de borracha atravessados em estradas. Ele e Allen resolveram criar um computador com a finalidade específica de processar os dados brutos. Numa demonstração do seu gosto desajeitado, Gates escolheu para sua nova iniciativa comercial o nome de Traf-O-Data. Foram a uma loja de produtos eletrônicos Hamilton Avnet, na vizinhança, e, com grande senso de oportunidade, investiram 360 dólares em espécie na compra de um único chip 8008. Allen se lembra com clareza daquele momento:

> O vendedor nos entregou uma pequena caixa de papelão, que abriu, ali mesmo, para darmos nossa primeira olhada num microprocessador. Dentro de uma embalagem de papel-alumínio, enfiado numa pequena placa de borracha preta isolante, havia um fino retângulo de mais ou menos 2,5 centímetros de comprimento. Para dois sujeitos que tinham passado os anos de formação diante de enormes e pesados mainframes, foi um momento de alumbramento.

Gates disse ao vendedor: "É dinheiro demais para uma coisa tão pequena", mas ele e Allen estavam devidamente impressionados, pois sabiam que o pequeno chip continha o cérebro de um computador inteiro. "Aquelas pessoas acharam a coisa mais estranha do mundo dois meninos entrarem e comprarem um 8008", lembra-se Gates. "E, ao desembrulhar o papel laminado, ficamos morrendo de medo de quebrá-lo."[38]

Para escrever um programa que funcionasse no 8008, Allen imaginou uma maneira de alcançar o mesmo objetivo do microprocessador num computador mainframe. Como explicaria depois, a concorrência do 8008 "refletia um truísmo em círculos tecnológicos que lembrava as teorias de Alan Turing nos anos 1930: qualquer computador poderia ser programado para se comportar como qualquer outro computador". Havia outra lição nessa façanha de alquimia, uma façanha que estava no âmago da contribuição de Gates e Allen para a revolução da informática: "O software superou o hardware", explicaria Allen mais tarde.[39]

Levando em conta sua reverência pelo software em detrimento do hardware, não é de admirar que Gates e Allen conseguissem escrever um bom programa para o proposto tabulador de tráfego, mas nunca fossem capazes de fazer os componentes de hardware funcionarem de modo adequado, em especial o mecanismo que deveria ler as fitas de tráfego. Um dia, quando achavam que ele estava funcionando bem, um funcionário do departamento de engenharia de Seattle foi à casa da família de Gates para assistir a uma demonstração. Enquanto ele estava sentado na sala de visitas, os deuses da demonstração se vingaram e o leitor de fitas falhou repetidas vezes. Gates

correu para ir buscar a mãe. "Diga a ele, mãe!", implorou, "diga a ele que funcionou ontem à noite!"[40]

No segundo semestre do último ano de Gates no ensino médio, na primavera de 1973, ele e Allen foram recrutados pela Bonneville Power Administration, que estava caçando em qualquer lugar do país especialistas em PDP-10 para programar seu sistema de gerenciamento da rede elétrica. Gates e os pais conversaram com o diretor de Lakeside, que achou que o emprego seria mais educativo do que o último semestre escolar. Allen pensava o mesmo a respeito de seu semestre na universidade: "Era uma oportunidade de trabalharmos juntos de novo num PDP-10 e sendo pagos para isso!". Eles se amontoaram no Mustang conversível de Gates, percorreram, em direção sul, os 265 quilômetros de Seattle até o centro de comando de Bonneville em menos de duas horas e alugaram um apartamento barato para os dois.

O local de trabalho era um abrigo subterrâneo no rio Columbia, do outro lado de Portland. "Havia uma enorme sala de controle, com uma aparência melhor do que a de qualquer programa de TV que eu já tinha visto", lembra-se Gates. Ele e Allen se debruçavam sobre códigos em sessões que duravam doze horas ou mais. "Quando estava muito fatigado, Bill pegava um pacote de Tang, derramava um pouco de pó numa das mãos e lambia só pelo efeito do açúcar", lembra-se Allen. "Suas palmas ficaram com um crônico matiz alaranjado naquele verão." Às vezes, depois de dois dias de trabalho seguidos, iam "dar uma descansada", como dizia Gates, e apagavam por dezoito horas ou mais. "Disputávamos", contou Gates, "para ver quem ficaria no prédio, digamos, três dias direto, quatro dias direto. O pessoal mais pudico dizia: 'Vão para casa tomar um banho'. Éramos apenas dois fanáticos escrevendo códigos."[41]

De vez em quando Gates fazia uma pausa para praticar um pouco de esqui aquático radical, que incluía arrancadas no alto de um trampolim em dique seco, depois voltava ao bunker para mais codificações. Ele e Allen se davam bem, exceto quando o metódico estilo de jogador de xadrez de Allen triunfava sobre a abordagem mais afobada e agressiva de Gates. "Quando ganhei dele um dia, ele ficou tão zangado que jogou todas as peças no chão", disse Allen. "Depois de algumas partidas assim, paramos de jogar."[42]

Gates se candidatou a apenas três faculdades — Harvard, Yale e Princeton —, e em cada caso usou abordagem diferente. "Nasci para me candidatar a faculdades", gabou-se, ciente de sua capacidade de passar com facilidade em processos de avaliação de mérito. Em Yale, apresentou-se como aspirante à vida política, ressaltando um estágio de verão de um mês que fizera no Congresso. Em Princeton, mencionou apenas o desejo de ser engenheiro de computação. E em Harvard disse que sua

paixão era a matemática. Também pensou em tentar o MIT, mas na última hora faltou à entrevista para jogar pinball. Foi aceito nas três e escolheu Harvard.[43]

"Sabe de uma coisa, Bill?", advertiu Allen. "Quando estiver em Harvard, vai ver que algumas pessoas são muito melhores em matemática do que você."

"De jeito nenhum", respondeu Gates. "Não mesmo!"

"Você vai ver só", disse Allen.[44]

GATES EM HARVARD

Quando pediram a Gates que escolhesse o tipo de colega de quarto que gostaria de ter, ele solicitou um afro-americano e um estrangeiro. Foi designado para Wigglesworth Hall, dormitório de calouros em Harvard Yard, com Sam Znaimer, amante das ciências proveniente de uma família de refugiados judeus pobres de Montreal, e Jim Jenkins, estudante negro de Chattanooga. Znaimer, que nunca tinha conhecido um anglo-saxão branco privilegiado, achou Gates muito amável, e seus hábitos de estudo estranhamente fascinantes. "Ele tinha o hábito de estudar direto 36 horas ou mais, apagar completamente por dez horas, levantar, comer uma pizza e voltar ao estudo", disse. "E se isso significava retomar às três da manhã, tudo bem."[45] Znaimer se maravilhava de ver Gates passar noites seguidas preenchendo formulários de declaração de imposto de renda federal e estadual da Traf-O-Data. Quando trabalhava com afinco, ele se balançava para a frente e para trás. Depois levava Znaimer para uma frenética sessão de jogo de *Pong*, o videogame da Atari, no saguão do dormitório, ou *Spacewar* no laboratório de computação de Harvard.

O laboratório de computação fora batizado com o nome de Howard Aiken, que inventara o Mark I e o operara durante a Segunda Guerra Mundial com a ajuda de Grace Hopper. Abrigava a máquina favorita de Gates: um PDP-10, da DEC, destinado a uso militar no Vietnã, mas realocado para ajudar nas pesquisas de Harvard financiadas pelas Forças Armadas. Para evitar um protesto pacifista, ele fora levado às escondidas para o Laboratório Aiken certa manhã de domingo de 1969. Era financiado pela Agência de Projetos de Pesquisa Avançada do Departamento de Defesa, mas sobre isso não se falava, e, como resultado, não havia regras escritas sobre quem tinha permissão de usá-lo. Havia também uma enorme quantidade de computadores PDP-1 onde se podia jogar *Spacewar*. Em seu primeiro projeto de computação do primeiro ano, Gates conectou o PDP-10 a um PDP-1 a fim de criar um videogame de beisebol. "A lógica estava no PDP-10, mas a enviei para o PDP-1 porque eu usava o mesmo visor de *Spacewar*, um visor *line-drawing* como não se vê mais hoje", explicou.[46]

Gates ficava até tarde da noite escrevendo os algoritmos para dirigir o salto da bola e o ângulo de aproximação dos *fielders*. "Os projetos em que ele trabalhou no primeiro ano não eram comerciais", disse Znaimer. "Eram feitos, praticamente, por amor à computação."[47] O professor que supervisionava o laboratório, Thomas

Cheatham, tinha sentimentos ambíguos a respeito de Gates: "Ele era um ótimo um programador". Mas era também "um pé no saco" e "um ser humano detestável [...] humilhava as pessoas sem necessidade, e de modo geral não era uma companhia muito agradável".[48]

A advertência de Allen de que Bill Gates não seria o rapaz mais inteligente da classe se confirmou. Havia um calouro que morava no andar acima do dele que era melhor em matemática, Andy Braiterman, de Baltimore. Eles passavam noites inteiras no quarto de Braiterman lutando para resolver problemas e comendo pizza. "Bill era muito sério", lembrou Braiterman, e também "bom argumentador".[49] Gates era particularmente convincente quando tentava provar que logo todo mundo teria um computador em casa, que poderia ser usado para acessar livros e obter outras informações. No ano seguinte, ele e Braiterman dividiram um quarto.

Gates decidiu se especializar em matemática aplicada, em vez de em matemática pura, e conseguiu deixar uma pequena marca nesse campo. Numa aula do professor de ciência da computação Harry Lewis, ele foi apresentado a um problema clássico:

> O chef do nosso restaurante é desleixado, e quando prepara uma pilha de panquecas cada uma sai de um tamanho diferente. Assim, quando as entrego a um freguês, antes de chegar à mesa eu as rearrumo (para que a menor fique em cima e assim por diante, até a maior, que fica por baixo), pegando várias panquecas de cima e virando-as, e repito a operação (variando o número de viradas) quantas vezes for necessário. Se houver n panquecas, qual é o número máximo de viradas (como função f(n) de n) que terei de executar para rearranjá-las?

A resposta exigia que se apresentasse um bom algoritmo, como qualquer programa de computador. "Propus o problema na sala e segui em frente", lembrou Lewis. "Um ou dois dias depois, esse segundanista esperto foi ao meu escritório e me explicou que tinha conseguido um algoritmo de cinco terços de N." Em outras palavras, Gates tinha descoberto um jeito de fazer o rearranjo com cinco terços de virada por panqueca da pilha. "Envolvia uma complicada análise de situação de como deveria ser a configuração exata das panquecas de cima. Era muito inteligente." Um professor assistente, Christos Papadimitriou, publicou depois a solução numa monografia acadêmica escrita a quatro mãos com Gates.[50]

Enquanto se preparava para iniciar o segundo ano de faculdade no verão de 1974, Gates convenceu Allen a se mudar para a área de Boston e aceitar um emprego na Honeywell que originariamente lhe fora oferecido. Allen abandonou a

Universidade Estadual de Washington, viajou em seu Chrysler para o leste e insistiu para que Gates também largasse a faculdade. Vamos perder a revolução da informática, dizia. Enquanto comiam uma pizza, eles sonhavam com a criação de sua própria empresa. "Se tudo desse certo, de que tamanho seria essa empresa?", perguntou Allen, em certa ocasião. Gates respondeu: "Acho que poderíamos ter até 35 programadores".[51] Mas Gates cedeu à pressão dos pais e continuou em Harvard, pelo menos por algum tempo.

Como muitos inovadores, Gates era rebelde só por amor à rebeldia. Decidiu que não assistiria a nenhuma aula dos cursos em que se matriculara e que só iria às aulas dos cursos que não estava fazendo. Observou essa regra à risca. "No segundo ano, eu assistia às aulas cujo horário coincidiam com as minhas, só para ter certeza de jamais cometer um erro", lembra-se ele. "Pois eu era um rejeitador absoluto."[52]

Ele também se dedicou com intensidade ao pôquer. Seu jogo preferido era Seven Card Stud High/Lo. Podia-se perder ou ganhar mil dólares ou mais por noite. Gates, cujo QI superava o Quociente Emocional, era melhor para calcular probabilidades do que para ler os pensamentos dos jogadores adversários. "Bill tinha uma qualidade monomaníaca", disse Braiterman. "Concentrava-se numa coisa e não arredava pé." A certa altura, entregou o talão de cheques a Allen, para não jogar mais dinheiro fora, mas logo o pediu de volta. "Ele estava tendo algumas dispendiosas lições de blefe", disse Allen. "Ganhava trezentos dólares uma noite e perdia seiscentos na noite seguinte. Enquanto perdia milhares naquele outono, Bill insistia em me dizer: 'Estou ficando cada vez melhor'."[53]

Num curso de economia em nível de pós-graduação, ele conheceu um estudante que morava no corredor do mesmo andar de seu quarto. Steve Ballmer era muito diferente de Gates na aparência. Grandão, barulhento e sociável, era do tipo fanático por atividade que gosta de participar de múltiplas organizações ou de comandá-las. Fazia parte do Hasty Pudding Club, que escrevia e produzia musicais de teatro, e servia, com um entusiasmo de chefe de torcida, como treinador de um time de futebol americano. Era ao mesmo tempo editor do *Advocate*, a revista literária do campus, e gerente de publicidade do *Crimson*, o jornal. Ingressou até num dos clubes para homens e convenceu seu mais novo melhor amigo Gates a fazer o mesmo. "Uma experiência muito estranha", disse Gates. O que os unia era uma superintensidade compartilhada. Conversavam, discutiam e estudavam juntos quase aos berros, ambos balançando para trás e para a frente. Então, iam juntos ver um filme. "Fomos ver *Cantando na chuva* e *Laranja mecânica*, que só estão ligados um ao outro pelo uso da mesma música", contou Gates. "E nos tornamos superbons amigos."[54]

A vida desorganizada de Gates em Harvard foi de repente virada de pernas para o ar em dezembro de 1974, na metade do segundo ano, quando Allen entrou em seu quarto na Currier House trazendo o novo número da *Popular Electronics* com o Altair na capa. O grito de guerra de Allen, "Ei, isto está acontecendo sem a gente", sacudiu Gates e o fez partir para a ação.

BASIC PARA O ALTAIR

Gates e Allen decidiram escrever o software que tornaria possível para hobbistas criar seus próprios programas no Altair. Especificamente, resolveram escrever um interpretador para a linguagem de programação BASIC, que rodaria no microprocessador Intel 8080 do Altair. Seria a primeira linguagem de programação comercial nativa de alto nível para microprocessador. E lançaria a indústria do software para computadores pessoais.

Usando uma velha folha de sulfite com o cabeçalho da Traf-O-Data, eles escreveram uma carta para a MITS, a incipiente empresa de Albuquerque responsável pelo Altair, dizendo que tinham criado um interpretador BASIC capaz de rodar no 8080. "Estamos interessados em vender cópias desse software para hobbistas por intermédio de vocês."[55] Não era bem verdade. Eles ainda não tinham escrito software algum. Mas estavam prontos para entrar logo em ação se a MITS demonstrasse interesse.

Não tendo obtido resposta, decidiram telefonar. Gates sugeriu que Allen fizesse a chamada, porque era mais velho. "Não, você é quem deve fazê-lo; é muito melhor nisto", argumentou Allen. Chegaram a um acordo: Gates ligaria, disfarçando a voz estridente, mas falando em nome de Paul Allen, porque sabiam que, se a sorte lhes favorecesse, Allen é que voaria para Albuquerque. "Eu estava deixando a barba crescer e pelo menos tinha cara de adulto, enquanto Bill ainda passaria facilmente por um aluno de segundo ano do ensino médio", lembra-se Allen.[56]

Quando o áspero Ed Roberts atendeu do outro lado, Gates fez uma voz grossa e disse: "Aqui é Paul Allen, de Boston. Temos um BASIC para o Altair que está praticamente pronto e gostaríamos de ir aí mostrá-lo para vocês". Roberts respondeu que recebia muitas ligações como aquela. A primeira pessoa que entrasse pela porta do escritório em Albuquerque com um BASIC funcionando ficaria com o contrato. Gates se virou para Allen e disse, eufórico: "Caramba, temos que ir nessa!".

Como não tinha um Altair para trabalhar, Allen precisou emular um no PDP-10 de Harvard, uma repetição da tática que usara para construir a máquina do Traf-O-Data. Diante disso, eles compraram um manual do microprocessador 8080, e dentro de poucas semanas Allen tinha o emulador e outras ferramentas de desenvolvimento prontas.

Enquanto isso, Gates escrevia furiosamente o código de interpretação em blocos amarelos. Quando Allen terminou o emulador, Gates tinha delineado a estrutura e boa parte do código. "Ainda o vejo, ora indo e vindo, ora se balançando por longos períodos, antes de escrever alguma coisa no bloco amarelo, os dedos manchados por um arco-íris de tintas de canetas hidrográficas", lembra-se Allen.

> Quando meu emulador ficou pronto e ele pôde usar o PDP-10, Bill mudou-se para um terminal e dava uma espiada no bloco enquanto balançava. Então, escrevia uma saraivada de códigos com aquela estranha posição de mãos que ele tem e repetia. Podia continuar nisso horas a fio.[57]

Certa noite estavam jantando na Currier House, onde ficava o quarto de Gates, sentados a uma mesa com outros fanáticos por matemática, quando começaram a reclamar da tediosa tarefa de escrever representações matemáticas de ponto flutuante, que dariam ao programa a capacidade de lidar com números muito pequenos e muito grandes, e casas decimais em notação científica.[b] Um menino de cabelos cacheados de Milwaukee, chamado Monte Davidoff, disse aumentando a voz: "Escrevi esse tipo de fórmula".[58] Esse era um dos benefícios de ser um nerd em Harvard. Gates e Allen começaram a importuná-lo com perguntas sobre sua capacidade de lidar com códigos de ponto flutuante. Felizes de saber do que ele estava falando, eles o levaram para o quarto de Gates e negociaram um pagamento de quatrocentos dólares por seu trabalho. Ele se tornou o terceiro membro da equipe e acabaria ganhando muito dinheiro.

Gates ignorou os estudos para os exames que deveria fazer e até parou de jogar pôquer. Durante oito semanas, ele, Allen e Davidoff se enfurnaram dia e noite no Laboratório Aiken em Harvard, fazendo história no PDP-10 que o Departamento de Defesa estava financiando. De vez em quando, interrompiam o trabalho para jantar na Harvard House of Pizza ou no Aku Aku, uma imitação de restaurante polinésio. Nas primeiras horas da manhã, Gates às vezes pegava no sono diante do terminal. "Ele estava no meio de uma linha de códigos quando se inclinava aos poucos para a frente, até encostar o nariz no teclado", disse Allen. "Depois de cabecear por uma ou duas horas, abria os olhos, olhava para a tela com os olhos meio fechados, piscava e retomava o que estava fazendo a partir do exato ponto onde tinha parado — uma prodigiosa façanha de concentração."

Eles rabiscavam nos blocos de anotações, competindo, às vezes, para ver quem conseguiria executar uma sub-rotina no menor número de linhas. "Consigo fazer em nove", gritava um deles. Outro gritava de volta: "Pois eu consigo em cinco!". Observou Allen: "Sabíamos que cada byte economizado deixaria mais espaço para os usuários acrescentarem seus próprios aplicativos". O objetivo era pôr o programa em menos espaço do que os 4K de memória que um Altair melhorado teria, de modo que ainda houvesse espaço para o cliente usar. (Um smartphone 16GB tem 4 milhões de vezes esse volume de memória.) À noite, eles abriam as cópias impressas no chão e procuravam formas de torná-lo mais elegante, compacto e eficiente.[59]

No fim de fevereiro de 1975, depois de oito semanas de intensa codificação, eles o reduziram, de maneira brilhante, para 3,2K. "Não era uma questão de conseguir escrever o programa, mas de espremê-lo em menos de 4K e torná-lo

super-rápido", disse Gates. "Foi o programa mais legal que escrevi."[60] Ele o conferiu uma última vez, para ver se encontrava erros, então mandou o PDP-10 do Laboratório Aiken produzir uma fita perfurada para que Allen levasse a Albuquerque.

Durante o voo, Allen lembrou que não tinha escrito um programa carregador, a sequência de comandos que instruiria o Altair a colocar o interpretador BASIC em sua memória. Quando o avião se preparava para aterrissar, ele pegou um bloco e escreveu 21 linhas na linguagem de máquina usada pelo microprocessador Intel, cada linha um número de três dígitos em base 8. Estava suado quando deixou o terminal, usando um terno de poliéster Ultrasuede marrom-claro e procurando Ed Roberts. Por fim localizou um homem enorme, de uns 130 quilos, queixo duplo e gravatinha estreita numa picape. "Eu esperava um executivo dinâmico, de alguma empresa de ponta, como as que se amontoavam ao longo da Rota 128, o cinturão high-tech de Boston", lembra-se Allen.

A sede mundial da MITS também não era o que Allen esperava. Ficava num centrinho comercial acanhado, e o único Altair com memória suficiente para rodar BASIC ainda estava sendo testado. Assim, eles deixaram para testar o programa de manhã e foram "até um restaurante self-service mexicano, a três dólares a refeição, chamado Pancho's, no qual a comida valia exatamente o preço que se pagava", contou Allen. Roberts o levou de carro para o Sheraton local, onde o recepcionista lhe disse que o quarto lhe custaria cinquenta dólares. Era dez dólares a mais do que Allen levara, e com isso, depois de uma desajeitada troca de olhares, Roberts teve que pagar pelo quarto. "Acho que eu também não era o que ele esperava", disse Allen.[61]

Na manhã seguinte, Allen voltou à MITS para o grande teste. A máquina levou quase dez minutos para carregar o código do interpretador BASIC que ele e Gates tinham escrito. Roberts e seus colegas trocavam olhares gozadores, já suspeitando que o show seria um fiasco. Mas de repente o teletipo emitiu uns estalos. "TAMANHO DA MEMÓRIA?", perguntou. "Ei, ele escreveu alguma coisa!", gritou alguém da equipe da MITS. Allen ficou agradavelmente estupefato. Escreveu na resposta: 7168. O Altair respondeu: "OK". Allen escreveu: "PRINT 2+2". Era o mais simples dos comandos, que testaria não apenas a codificação de Gates, mas também as representações matemáticas de ponto flutuante de Davidoff. O Altair respondeu: "4".

Até aquele momento, Roberts olhava sem dizer nada. Afundara sua combalida empresa em mais e mais dívidas na louca suposição de que criaria um computador que um hobbista doméstico pudesse usar e comprar. Agora testemunhava um momento histórico. Pela primeira vez, um programa de software rodara num computador doméstico. "Meu Deus", gritou. "Ele imprimiu '4'!"[62]

Roberts chamou Allen para ir a seu escritório e concordou em licenciar o interpretador BASIC para inclusão em todas as máquinas Altair. "Eu não conseguia parar de sorrir", confessou Allen. Quando voltou a Cambridge, levando consigo um Altair que funcionava para instalar no quarto de Gates, eles saíram para comemorar. Gates pediu o de sempre: um Shirley Temple, ginger ale com suco de cereja

marrasquino.[63]

Um mês depois, Roberts ofereceu a Allen um emprego na MITS, como diretor de software. Os colegas da Honeywell acharam maluquice levar a proposta a sério. “Seu emprego está seguro na Honeywell”, disseram-lhe. “Você pode trabalhar anos aqui.” Mas segurança no emprego não era um ideal adotado pelos ansiosos para comandar a revolução da informática. Assim, na primavera de 1975, Allen se mudou para Albuquerque, cidade que só pouco tempo antes ele descobriu que não ficava no Arizona.

Gates resolveu ficar em Harvard, pelo menos por mais algum tempo. Ali, foi submetido ao que se tornou um rito de passagem, engraçado só quando se olha para trás, para muitos de seus estudantes bem-sucedidos: ser levado à presença do sigiloso Conselho de Administração [Administrative Board] da universidade para um processo disciplinar, conhecido como “Ad Boarded”. O caso contra Gates surgiu quando auditores do Departamento de Defesa resolveram verificar o uso do PDP-10 por ele financiado no Laboratório Aiken de Harvard. Descobriram que um aluno do segundo ano, W. H. Gates, usava-o a maior parte do tempo. Depois de muita lamúria, Gates preparou um texto defendendo-se e descrevendo como tinha criado uma versão de BASIC usando o PDP-10 como emulador. Foi absolvido pelo uso da máquina, mas “advertido” por permitir que um não aluno, Paul Allen, tivesse acesso a ela usando sua senha. Ele aceitou essa repreensão menor e concordou em pôr sua primeira versão do interpretador BASIC (porém não a mais refinada, em que ele e Allen estavam trabalhando) em domínio público.[64]

Àquela época, Gates concentrava-se mais em sua parceria com Allen do que nos trabalhos do curso em Harvard. Concluiu o segundo ano na primavera de 1975, tomou o avião para Albuquerque, para passar o verão, e decidiu ali permanecer, em vez de voltar para o primeiro semestre do terceiro ano no outono. Retornou a Harvard por mais dois semestres, na primavera e no outono de 1976, depois deixou a universidade para sempre, dois semestres antes de se formar. Em junho de 2007, quando esteve em Harvard para receber um título honorífico, começou seu discurso endereçando um comentário ao pai, que estava na plateia: “Estou esperando há mais de trinta anos para dizer isto: pai, eu sempre disse que ia voltar e conseguir meu diploma”.[65]

MICRO-SOFT

Quando Gates chegou a Albuquerque no verão de 1975, ele e Allen ainda forneciam BASIC para o Altair com base num entendimento fechado com aperto de mãos com Ed Roberts. Gates insistiu num contrato formal e, depois de muito regateio, concordou em licenciar o software para a MITS por dez anos, a ser empacotado com cada Altair, por trinta dólares a título de royalty por cópia. Gates

conseguiu impor duas cláusulas de significado histórico. Fez questão de que ele e Allen mantivessem a propriedade do software; a MITS teria meramente o direito de licenciá-lo. Também exigiu que a MITS usasse "seus melhores esforços" para sublicenciar o software para outros fabricantes de computadores, rachando os lucros com Gates e Allen. Isso abriu um precedente para o acordo que Gates faria seis anos depois com a IBM. "Com isso pudemos garantir que nosso software funcionasse em muitos tipos de máquina", disse ele. "Isso permitiu que nós, e não os fabricantes de hardware, definíssemos o mercado."66

Agora eles precisavam de um nome. Discutiram algumas ideias, entre elas Allen & Gates, que, concluíram, parecia nome de banca de advogados. Afinal decidiram-se por um nome não particularmente excitante ou inspirador, mas que indicava que escreviam software para microcomputadores. Nos documentos finais do acordo com a MITS, eles se referiram a si próprios como "Paul Allen e Bill Gates, comercialmente Micro-Soft". Um crédito aparecia no código-fonte do seu único produto na época: "Micro-Soft BASIC: Paul Allen escreveu o material não relativo a tempo de execução. Bill Gates escreveu o material relativo a tempo de execução. Monte Davidoff escreveu o pacote matemático". Em dois anos, o nome foi simplificado para Microsoft.

Depois de dormir por um tempo no Sundowner Motel num trecho da Rota 66, mais conhecido como lugar de prostitutas do que de programadores, Gates e Allen se mudaram para um apartamento mobiliado barato. Monte Davidoff, famoso pela matemática de ponto flutuante, e Chris Larson, estudante mais novo de Lakeside High, também foram morar lá, transformando o apartamento numa república que fazia as vezes de bunker de nerds. À noite, Allen aumentava o volume de sua guitarra Stratocaster e tocava junto com Aerosmith ou Jimi Hendrix, e Gates retaliava cantando alto "My Way", de Frank Sinatra.67

De todos, Gates era o maior exemplo da personalidade inovadora. "Um inovador é, muito provavelmente, um fanático, alguém que ama o que faz, trabalha dia e noite, pode ignorar um pouco as coisas normais da vida e, por isso, é visto como meio desequilibrado", disse ele. "Sem dúvida, na minha adolescência e na faixa dos vinte anos, eu correspondi a esse modelo."68 Ele trabalhava, como o fizera em Harvard, em acessos que podiam durar até 36 horas, depois se enrolava no chão do escritório e caía no sono. Disse Allen: "Ele vivia em estados binários: ou explodindo de energia nervosa, com suas dez Coca-Colas por dia, ou morto para o mundo".

Gates também era um rebelde com pouco respeito por autoridade, outro traço comum dos inovadores. Para pessoas como Roberts, que havia servido na Aeronáutica e tinha cinco filhos que o chamavam de "senhor", Gates passava como um pirralho folgado. "Ele era um garotinho mimado, esse era o problema", Roberts disse mais tarde. Mas era uma situação mais complexa do que parecia. Gates trabalhava duro e vivia de forma frugal, com rendimentos baixíssimos, mas não acreditava em deferência. O franzino Gates discutia de igual para igual com Roberts, que tinha quase

dois metros de altura, em brigas tão acaloradas que, segundo Allen, “era possível ouvir a gritaria em toda a fábrica, um verdadeiro espetáculo”.

Allen presumiu que sua parceria com Gates seria de 50%-50%. Eles sempre foram uma equipe, e parecia desnecessário discutir por quem tinha feito mais. Mas, desde a briga durante o programa de pagamentos na escola, Gates insistia em estar no controle. “Não é certo que você fique com a metade”, ele disse a Allen. “Você tinha seu salário no MITS enquanto eu fiz praticamente tudo no BASIC sem a mínima ajuda em Boston. Eu deveria ganhar mais. Acho que a divisão deve ser de 60%-40%.” Independentemente de estar certo ou não, era da natureza dele insistir nessas coisas, e da natureza de Allen não discutir. Allen ficou surpreso, mas concordou. Para piorar, Gates insistiu que reavaliassem a divisão dois anos depois. “Eu fiz praticamente tudo no BASIC e abri mão de muita coisa quando saí de Harvard”, ele disse a Allen durante um passeio. “Mereço mais que 60%.” Sua nova exigência era uma divisão de 64%-36%. Allen ficou furioso. “Mostrava bem a diferença entre o filho de um bibliotecário e o filho de um advogado”, ele disse. “Eu aprendi que um acordo é um acordo e que sua palavra era a garantia. Bill era mais flexível.” Mas Allen concordou novamente.[69]

Para sermos justos com Gates, era ele quem, àquela altura, dirigia de fato a empresa incipiente. Não só escrevia boa parte dos códigos como também era o encarregado de vendas, fazendo em pessoa a maioria dos contatos. Discutia ideias sobre estratégia de produtos com Allen durante horas, mas era ele quem tomava as decisões finais sobre que versões de Fortran, BASIC ou COBOL seriam construídas. Cuidava também dos acordos comerciais com os fabricantes de hardware, e era um negociador ainda mais duro com eles do que tinha sido com Allen. Além disso, era o encarregado do pessoal, o que significava contratar, demitir e dizer às pessoas, em palavras de uma sílaba, quando seu trabalho era horrível, coisa que Allen jamais faria. Tinha credibilidade para isso; quando havia competições no escritório para ver quem escreveria um programa usando o menor número possível de linhas de codificação, Gates quase sempre ganhava.

Allen às vezes chegava tarde e talvez até pensasse que seria permitido sair do trabalho a tempo de jantar. Mas não Gates e seu círculo mais íntimo. “Era puro fanatismo”, lembra. “Um pequeno grupo e eu trabalhávamos até tarde da noite. Eu às vezes passava a noite acordado, depois dormia no escritório, e minha secretária vinha me acordar se tivéssemos reunião.”[70]

Geneticamente predisposto a assumir riscos, Gates relaxava tarde da noite, dirigindo a velocidades assustadoras, por uma estrada de montanha, até chegar a uma fábrica de cimento abandonada. Disse Allen:

> Às vezes eu me perguntava por que Bill dirigia tão rápido. Concluí que era sua válvula de escape. Ele ficava tão tenso no nosso trabalho que precisava de um

jeito de parar de pensar no negócio e em códigos por um tempo. Sua temeridade ao volante não era muito diferente de apostar no pôquer tudo que está na mesa, ou fazer esqui aquático radical.

Quando ganharam algum dinheiro, Gates comprou uma Porsche 911 verde, que dirigia em alta velocidade pelas vias expressas depois da meia-noite. Certa ocasião ele foi reclamar ao revendedor que o carro deveria atingir 202 quilômetros por hora, mas ele não conseguia passar de 194. Certa noite foi parado por ultrapassar o limite de velocidade e teve dificuldade para explicar ao policial por que não estava com a carteira de motorista. Acabou na cadeia. "Fui preso", disse, quando Allen atendeu à sua ligação. Soltaram-no poucas horas depois, mas a foto de identificação tirada pela polícia naquela noite tornou-se memorável ícone da história dos nerds.[71]

A intensidade de Gates dava resultados. Permitia à Microsoft cumprir prazos de software que pareciam insanos, vencer outros concorrentes na disputa pelo mercado de cada novo produto e cobrar preços tão baixos que os fabricantes de computadores raramente pensavam em escrever ou controlar seus próprios softwares.

SOFTWARE QUER SER LIVRE

Em junho de 1975, o mês em que Gates se mudou para Albuquerque, Roberts decidiu pôr o Altair na estrada, como se fosse um espetáculo itinerante. O objetivo era espalhar a notícia das maravilhas da máquina e criar fã-clubes nas cidades do país. Ele adaptou uma van Dodge, apelidou-a de MITS Mobile e despachou-a para uma turnê por sessenta cidades pela costa da Califórnia, depois para o sudeste, passando por lugares como Little Rock, Baton Rouge, Macon, Huntsville e Knoxville.

Gates, que acompanhou parte da viagem, achou que era um belo estratagema de mercado. "Compraram uma grande van azul e saíram pelo país, criando clubes de computação por onde passavam", disse, admirado.[72] Ele esteve nas apresentações no Texas, e Allen se juntou ao grupo no Alabama. No Huntsville Holiday Inn, sessenta pessoas, uma mescla de hobbistas meio hippies e engenheiros de cabelo cortado rente, pagaram dez dólares para assistir ao evento, na época mais ou menos quatro vezes o preço de uma entrada de cinema. A apresentação durou três horas. No fim da exibição de um jogo de pouso lunar, os céticos olharam debaixo da mesa, achando que talvez houvesse cabos ocultos ligados a um minicomputador maior. "Mas quando viram que era para valer", lembra-se Allen, "os engenheiros ficaram quase tontos de entusiasmo."[73]

Uma das paradas aconteceu no hotel Rickeys Hyatt House, em Palo Alto, em 5

de junho. Ali ocorreu um encontro decisivo, depois que o Microsoft BASIC foi apresentado para um grupo de hobbistas, muitos deles pertencentes ao recém-formado Homebrew Computer Club. "A sala estava lotada de amadores e experimentadores, todos ansiosos para saber o que era esse novo brinquedo eletrônico", informou o boletim do clube.[74] Alguns também estavam ansiosos para fazer valer o credo dos hackers, de que softwares tinham que ser gratuitos. Não era de admirar, levando em conta as atitudes sociais e culturais, tão diferentes do zelo empresarial de Albuquerque, que corriam juntas no começo dos anos 1970 e levaram à criação do Homebrew Club.

Muitos membros do Homebrew que entraram em contato com o MITS Mobile tinham construído um Altair e aguardavam com impaciência a hora de conseguir o programa BASIC que Gates e Allen produziram. Alguns tinham até mandado cheques. Assim, ficaram animadíssimos ao ver que os Altairs em exposição rodavam uma versão dele. Cedendo ao imperativo dos hackers, um dos membros, Dan Sokol, "tomou emprestada" uma fita perfurada contendo o programa e usou um PDP-11 da DEC para tirar cópias.[75] Na reunião seguinte do Homebrew, havia uma caixa de papelão com dezenas de fitas BASIC para os membros pegarem.[c] Havia uma condição: quem levasse tinha que tirar algumas cópias para reabastecer a caixa comunitária. "Lembre-se de devolver mais cópias do que levou", brincava Lee Felsenstein. Era seu lema para qualquer compartilhamento de software.[76] E assim o Microsoft BASIC se espalhou de graça.

Gates, é claro, ficou furioso. Escreveu uma apaixonada carta aberta, mostrando todo o tato de um jovem de dezenove anos, que serviu como disparo inicial numa guerra pela proteção da propriedade intelectual na era dos computadores pessoais:

> Carta aberta aos hobbistas…
>
> Quase um ano atrás, Paul Allen e eu, contando com o crescimento do mercado de hobby, contratamos Monte Davidoff e desenvolvemos o Altair BASIC. Apesar de o trabalho inicial ter tomado apenas dois meses, nós três passamos a maior parte do último ano documentando, aperfeiçoando e acrescentando funções ao BASIC. Agora temos 4K, 8K, EXTENDED, ROM e DISK BASIC. Em termos monetários, o tempo de computação que consumimos ultrapassa os 40 mil dólares.
>
> O feedback que recebemos de centenas de pessoas que dizem estar usando BASIC tem sido positivo. Mas tivemos duas surpresas: 1) a maioria desses "usuários" não pagou pelo BASIC (menos de 10% dos que têm Altair o compraram); e 2) a quantidade de royalties que recebemos das vendas para hobbistas reduz o valor do tempo gasto no Altair BASIC a menos de dois

dólares a hora.

Por quê? Como quase todos os hobbistas devem saber, a maioria rouba nosso software. Hardware paga-se, mas software se compartilha. Quem quer saber se as pessoas que trabalharam para criá-los recebem por isso?

Será justo? Uma coisa que vocês não garantem ao roubar software é o direito de ir à MITS para resolver problemas que apareçam [...]. O que conseguem é só impedir que bons softwares sejam escritos. Quem pode ser dar ao luxo de ser profissional trabalhando de graça? Que hobbista investiria três homens/ano programando, corrigindo falhas, documentando o produto para distribuí-lo de graça? A verdade é que ninguém, a não ser nós, investiu tanto dinheiro em softwares para hobbistas. Escrevemos o 6800 BASIC, estamos escrevendo o 8080 APL e o 6800 APL, mas nada nos incentiva a disponibilizar esses softwares para hobbistas. Falando com franqueza, o que vocês fazem é roubo...

Eu agradeceria receber cartas de quaisquer pessoas que queiram pagar o que devem, ou fazer sugestões e comentários. Basta me escrever para o seguinte endereço: 1180 Alvarado SE, nº 114, Albuquerque, Novo México, 87108. Nada me deixaria mais feliz do que poder contratar dez programadores e inundar o mercado de hobby com bons softwares.

Bill Gates
Sócio, Micro-Soft

A carta foi reproduzida no boletim do Homebrew Computer Club e também na *Computer Notes*, do grupo de usuários do Altair, e na *People's Computer Company*.[77] Provocou furor. "Recebi um monte de merda", admitiu Gates. Das trezentas cartas que lhe foram enviadas, só cinco anexavam pagamento. A maioria cumulava-o de insultos.[78]

Basicamente, Gates tinha razão. A criação de softwares valia tanto quanto a criação de hardwares. Quem criava softwares deveria ser recompensado. Se não o fosse, ninguém mais escreveria softwares. Ao resistir às atitudes e aspirações da cultura hacker, de que qualquer coisa que pudesse ser copiada deveria ser gratuita, Gates ajudou a assegurar o crescimento de uma nova indústria.

Apesar disso, havia certa audácia na carta. Gates era, no fim das contas, um gatuno em série de tempo de computação e tinha manipulado senhas para hackear contas desde a oitava série até o segundo ano de Harvard. Na realidade, ao afirmar na carta que ele e Allen tinham gastado mais de 40 mil dólares em tempo de computação para fazer o BASIC, ele deixou de mencionar que jamais pagara por esse tempo de

uso e que usara grande parte desse tempo no computador de Harvard fornecido pelos militares, e financiado, em última análise, pelos contribuintes americanos. O editor de um boletim de hobbistas escreveu:

> Correm boatos na comunidade de hobbistas que sugerem que o desenvolvimento do BASIC citado na carta de Bill Gates se deu no computador da Universidade Harvard, fornecido, pelo menos em parte, por verbas do governo, e que houve alguma dúvida sobre a correção, e mesmo sobre a legalidade, da venda dos produtos resultantes.[79]

Além disso, embora Gates não percebesse na época, a pirataria do Microsoft BASIC ajudou sua incipiente companhia a longo prazo. Ao espalhar-se com tamanha rapidez, o Microsoft BASIC tornou-se um padrão, e outros fabricantes de computadores precisavam obter licença para usá-lo. Quando a National Semiconductor surgiu com um novo microprocessador, por exemplo, precisou de um BASIC e decidiu licenciar o da Microsoft porque era o que todo mundo usava. "Transformamos a Microsoft no padrão", disse Felsenstein, "e ele nos chamou de ladrões por fazermos isso."[80]

No fim de 1978, Gates e Allen transferiram sua empresa de Albuquerque para a área de Seattle. Pouco antes de saírem, um dos doze funcionários ganhou uma sessão de fotos de graça de um estúdio local, e eles posaram juntos para uma foto que entraria para a história, com Allen e quase todos os demais parecendo refugiados de uma comunidade hippie e Gates sentado na frente com ar de escoteiro lobinho. Quando dirigia pela costa da Califórnia, Gates recebeu três multas por excesso de velocidade, duas aplicadas pelo mesmo policial.[81]

APPLE

Entre os presentes na garagem de Gordon French para a primeira reunião do Homebrew Computer Club havia um jovem engenheiro de hardware, socialmente canhestro, chamado Steve Wozniak, que abandonara a faculdade e trabalhava na divisão de calculadoras da Hewlett-Packard na cidade de Cupertino, no Vale do Silício. Um amigo lhe mostrara o folheto — "Está construindo seu próprio computador?" — e ele reuniu coragem para comparecer. "Aquela noite acabou sendo uma das mais importantes da minha vida", declarou ele.[82]

O pai de Wozniak era engenheiro da Lockheed e adorava explicar eletrônica. "Uma de minhas lembranças mais antigas é dele me levando ao seu trabalho num fim de semana me mostrando algumas peças eletrônicas e colocando-as em cima da mesa comigo para que eu pudesse brincar", disse Wozniak. Havia sempre transístores e

resistências espalhados pela casa, e quando Steve perguntava "O que é isto?", o pai começava a explicar, desde o começo, como os elétrons e os prótons funcionavam. "De vez em quando ele pegava um quadro-negro para explicar qualquer coisa, desenhando diagramas", contou Wozniak.

> Ele me ensinou a fazer uma porta *e* e uma porta *ou* com peças que conseguia — peças chamadas diodos e resistências. E me mostrou que precisavam de um transístor no meio para amplificar o sinal e conectar a saída de uma porta à entrada de outra. Até hoje, é assim que todo dispositivo digital do planeta funciona em seu nível mais básico.

Foi um exemplo notável da marca que um pai pode deixar, sobretudo no tempo em que os pais sabiam como os rádios funcionavam e podiam ensinar os filhos a testar tubos a vácuo e substituir um que tivesse queimado.

Wozniak fez um rádio de galena usando moedinhas refugadas quando estava na segunda série, um sistema de interfone para múltiplas casas para os meninos do bairro quando estava na quinta, um rádio de ondas curtas Hallicrafters quando estava na sexta (ele e o pai obtiveram licença de radioamador juntos), e mais tarde, naquele ano, aprendeu sozinho a aplicar álgebra booliana a projetos de circuito eletrônico e o demonstrou com uma máquina que nunca perdia uma partida de jogo da velha.

No ensino médio, Wozniak gostava de aplicar suas bruxarias eletrônicas em travessuras. Certa ocasião, construiu um metrônomo preso a baterias que pareciam uma bomba. Quando o diretor encontrou a geringonça fazendo tique-taque dentro de um armário, levou-a às pressas para a área de recreação, longe dos meninos, e chamou o esquadrão antibombas. Wozniak teve que passar uma noite na casa de detenção local, onde ensinou os outros detentos a remover os fios do ventilador de teto e encostá-los nas barras de ferro, para que quando viesse abrir a porta o carcereiro levasse um choque. Embora tivesse aprendido bem a codificar, no fundo era um engenheiro de hardware, ao contrário dos mais refinados maníacos por software como Gates. A certa altura, ele construiu um jogo tipo roleta no qual os jogadores enfiavam os dedos em fendas, e quando a bola parava, um deles levava um choque. "A turma do hardware participava desse jogo, mas os meninos do software eram sempre muito medrosos", disse ele.

Como outros, ele combinava amor à tecnologia com uma atitude hippie, embora fosse incapaz de adotar de modo pleno o estilo de vida da contracultura. "Eu usava aquelas faixas de índio na cabeça, o cabelo bem comprido e deixei crescer a barba", lembra. "Do pescoço para cima, eu parecia Jesus Cristo. Mas do pescoço para baixo ainda usava roupas de rapazinho normal, um rapazinho engenheiro. Calças. Camisas de colarinho. Nunca tive aquelas roupas estranhas de hippie."

Para se divertir, estudava os manuais dos computadores do escritório feitos

pela Hewlett-Packard e pela DEC e tentava redesenhá-los usando um número menor de chips. “Não saberia dizer por que isso se tornou o passatempo da minha vida”, admitiu. “Eu fazia tudo sozinho, no meu quarto, a portas fechadas. Era como uma mania pessoal e privada.” Não era uma atividade que fizesse dele a alma da festa, de modo que Wozniak acabou se tornando um solitário, mas o talento para economizar chips lhe foi de grande utilidade quando decidiu construir um computador próprio. Usou apenas vinte chips, em comparação com as centenas da maioria dos computadores de verdade. Um amigo que morava na mesma quadra ajudou-o a soldar, e como bebessem uma grande quantidade de refrigerante Cragmont, o computador foi apelidado de Cream Soda Computer. Não tinha tela nem teclado; as instruções eram dadas por cartão perfurado, e as respostas, por luzes que acendiam e apagavam na frente.

O amigo apresentou Wozniak a um menino que vivia a poucos quarteirões de distância e também se interessava por eletrônica. Steve Jobs era quase cinco anos mais novo e ainda frequentava Homestead High, a escola onde Wozniak estudara. Sentavam-se na calçada contando histórias de travessuras que tinham aprontado, falando das músicas de Bob Dylan de que gostavam e de projetos eletrônicos que tinham feito. “Em geral era muito difícil para mim explicar às pessoas o tipo de projeto em que eu tinha trabalhado, mas Steve entendia de imediato”, disse Wozniak. “Eu gostava dele. Era meio magricela, rijo e cheio de energia.” Jobs também ficara impressionado. “Woz foi a primeira pessoa que conheci que entendia mais de eletrônica do que eu”, diria mais tarde, supervalorizando os próprios conhecimentos.

A grande traquinada de ambos, que lançou os alicerces da parceria de computação que formariam mais adiante, tinha a ver com um negócio chamado Blue Box. No outono de 1971, Wozniak leu um artigo na revista *Esquire* mostrando como “hackers da telefonia” tinham criado um aparelho que emitia trinados no tom exato para enganar a Bell System e fazer ligações interurbanas de graça. Antes de terminar a leitura do artigo, ele telefonou para Jobs, que estava no início do último ano em Homestead High, e leu trechos para o amigo. Era um domingo, mas eles sabiam entrar às escondidas numa biblioteca de Stanford que talvez tivesse o *Bell System Technical Journal*, que, segundo a *Esquire*, incluía todas as frequências dos sinais sonoros. Depois de remexer as pilhas, Wozniak enfim encontrou o periódico. “Eu estava praticamente tremendo, com a pele arrepiada e tudo o mais”, lembra. “Foi um momento Eureca.” Entraram no carro e foram a lojas de artigos eletrônicos em Sunnyvale comprar as peças de que precisavam, soldaram-nas e fizeram um teste com um medidor de frequência que Jobs tinha confeccionado como trabalho escolar. Mas como era um dispositivo analógico, não conseguiram fazê-lo produzir tons suficientemente precisos e consistentes.

Wozniak percebeu que precisaria construir uma versão digital, usando um circuito com transístores. Aquele outono foi um dos raros semestres em que aparecia de vez em quando na faculdade, e ele o passou em Berkeley. Com a ajuda de um

aluno de música de seu dormitório, ele terminou de construir um circuito no Dia de Ação de Graças. "Eu nunca tinha projetado um circuito de que me orgulhasse tanto", disse. "Até hoje acho que era incrível." Como teste, ligaram para o Vaticano, com Wozniak fingindo ser Henry Kissinger e dizendo que precisava falar com o papa; demorou um pouco, mas os funcionários do Vaticano perceberam que era brincadeira, antes de acordar o pontífice.

Wozniak tinha inventado um dispositivo engenhoso, mas, associando-se a Jobs, conseguiu muito mais: criar uma empresa comercial. "Ei, vamos vender isto", sugeriu Jobs certo dia. Foi um padrão que levaria a uma das mais celebradas parcerias da era digital, equivalente à de Allen com Gates e à de Noyce com Moore. Wozniak aparecia com alguma brilhante proeza de engenharia e Jobs descobria um jeito de lustrá-la, empacotá-la e vendê-la a preço inusitadamente alto. "Reuni os componentes restantes, como invólucro, fonte de energia e teclado, e calculei o preço", disse Jobs referindo-se à Blue Box. Usando quarenta dólares em peças para cada Blue Box, eles produziram cem e venderam-nas a 150 dólares a unidade. A travessura terminou quando foram roubados à mão armada ao tentar vender uma delas numa pizzaria, mas das sementes dessa aventura nasceria uma empresa. "Se não fosse a Blue Box, não haveria Apple", refletiria Jobs mais tarde. "Woz e eu aprendemos a trabalhar juntos." Wozniak concorda: "Aquilo nos deu uma ideia do que poderíamos fazer com minhas habilidades de engenharia e sua visão".

Jobs passou o ano seguinte entrando e saindo do Reed College e buscando iluminação espiritual numa peregrinação à Índia. Quando voltou, no outono de 1974, foi trabalhar na Atari, sob o comando de Nolan Bushnell e Al Alcorn. A Atari, vibrando com o sucesso do *Pong*, estava numa fase de frenéticas contratações. "Divirta-se; ganhe dinheiro", declarava um dos anúncios que publicou no *San Jose Mercury*. Jobs apareceu vestindo sua indumentária hippie e disse que não sairia do saguão enquanto não fosse contratado. Por recomendação de Alcorn, Bushnell decidiu arriscar. Dessa maneira, a tocha foi passada do mais criativo empresário de videogames para o homem que seria o mais criativo empresário de computadores pessoais.

Apesar da sensibilidade zen que acabara de adquirir, Jobs tinha tendência a informar os colegas de trabalho que eles não passavam de uns "retardados de merda", cujas ideias não valiam nada. Mas, de alguma forma, conseguia ser também convincente e inspirador. Às vezes usava um manto cor de açafrão, andava descalço e achava que graças à sua rigorosa dieta de frutas e hortaliças não precisava de desodorante nem de um banho de vez em quando. Como recorda Bushnell, "era uma teoria totalmente equivocada". Assim, transferiu Jobs para o turno da noite, quando não havia mais quase ninguém trabalhando. "Steve era irritadiço, mas eu meio que gostava dele. Foi por isso que lhe pedi para trabalhar à noite. Era um jeito de salvá-

lo."

Jobs diria mais tarde que aprendeu importantes lições na Atari, das quais a mais profunda era fazer interfaces acessíveis e intuitivas. As instruções deveriam ser loucamente simples: "Insira moedas de um quarto de dólar, evite klingons". Dispositivos não deveriam precisar de manuais. "Essa simplicidade criou raízes e fez dele um criador de produtos muito focado", disse Ron Wayne, que trabalhou com Jobs na Atari. Além disso, Bushnell conseguiu fazer de Jobs um empresário. "Há qualquer coisa de indefinível num empreendedor, e vi que Steve tinha isso", lembrou Bushnell. "Ele estava interessado não apenas na engenharia, mas também no lado comercial. Ensinei-lhe que, quando a gente age como se fosse capaz de fazer uma coisa, dá certo. Disse-lhe: finja que tem controle total sobre tudo, e as pessoas vão achar que tem mesmo."

Wozniak gostava de passar na Atari à noite, quando saía da Hewlett-Packard, para estar com Jobs e jogar o videogame de corrida de automóveis *Gran Trak 10*, que a Atari tinha enfim desenvolvido. "Meu jogo favorito até hoje", lembra. Nas horas de folga, montou uma versão doméstica do *Pong* para jogar no seu aparelho de TV. Conseguiu programá-lo para que as palavras *Hell* ou *Damn* explodissem sempre que um jogador errasse a bola. Certa noite ele o mostrou a Alcorn, que logo bolou um plano. Designou Jobs para criar uma versão de *Pong* para um único jogador, que receberia o nome de *Breakout*, na qual o usuário poderia rebater a bola contra uma parede, deslocando tijolos para ganhar pontos. Alcorn supunha, corretamente, que Jobs convenceria Wozniak a projetar o circuito. Jobs não era um grande engenheiro, mas era ótimo para convencer as pessoas a fazerem coisas. "Imaginei-a como uma coisa do tipo compre um e leve dois", explicou Bushnell. "Woz era melhor engenheiro." Era também um sujeito adorável e ingênuo, tão ansioso para ajudar Jobs a fazer um videogame quanto os amigos de Tom Sawyer para pintar de branco a cerca de Tom. "Foi a oferta mais maravilhosa que recebi na vida, projetar um jogo que as pessoas usassem", lembrou.

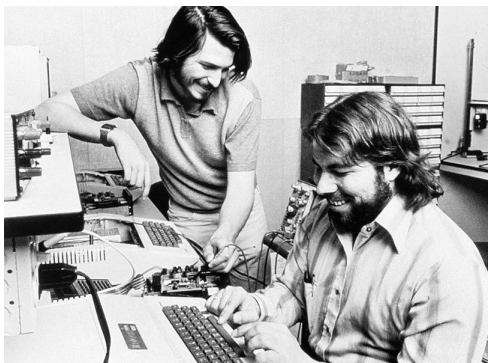
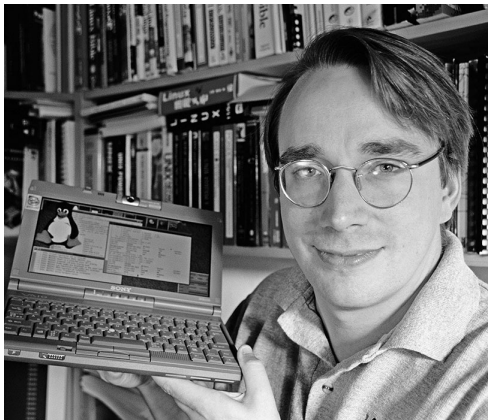
Enquanto Woz passava a noite produzindo abundantemente elementos do projeto, Jobs, sentado num banco à sua esquerda, fazia o *wire-wrapping* dos chips. Woz achava que a tarefa levaria semanas, mas, numa primeira demonstração do que no futuro os colegas de Jobs chamariam de campo de distorção da realidade, ele olhou sem piscar para Wozniak e o convenceu a fazer o serviço em apenas quatro dias.

Steve Jobs (1955-2011) e Steve Wozniak (1950-), 1976.

Imagem de Jobs no Macintosh original, 1984.

Richard Stallman (1953-).

Linus Torvalds (1969-).

A primeira reunião do Homebrew Computer Club de março de 1975 ocorreu logo depois que Wozniak acabou de projetar o *Breakout*. Na abertura do encontro, ele se sentiu deslocado. Tinha feito calculadoras e displays de jogos em televisores domésticos, mas a grande comoção foi provocada pelo novo computador Altair, que de início não lhe despertou nenhum interesse. Tímido nos melhores momentos, ele se recolheu num canto. Mais tarde, descreveria assim o cenário: "Alguém exibia a revista *Popular Electronics*, com a foto de um computador na capa chamado Altair. Acabei descobrindo que toda aquele gente era entusiasta do Altair, e não de terminais de TV como eu pensava". As pessoas circulavam pela sala, apresentando-se umas às outras, e na vez de Wozniak ele dizia: "Sou Steve Wozniak, trabalho na Hewlett-Packard com calculadoras e projetei um terminal de vídeo". Dizia ainda que gostava também de videogames e de sistemas de filmes pagos para hotéis, de acordo com as atas redigidas por Moore.

Mas uma coisa despertou o interesse de Wozniak. Alguém na reunião distribuiu as fichas de especificações do novo microprocessador Intel. "Naquela noite, chequei a ficha de dados do microprocessador e vi que havia uma instrução para acrescentar um local na memória para o registrador A", contou.

> Pensei comigo: Epa! Então havia outra instrução que se podia usar para subtrair memória do registrador A. Como é mesmo? Talvez isso para eles não quisesse dizer nada, mas eu sabia exatamente o que significavam aquelas instruções, e foi a descoberta mais emocionante de todos os tempos.

Wozniak vinha trabalhando no projeto de um terminal com monitor de vídeo e teclado. Planejava-o como um terminal "burro"; não teria poder próprio de computação e seria conectado por linha telefônica a um computador de tempo compartilhado em algum lugar. Mas quando viu as especificações do microprocessador — um chip com uma unidade central de processamento —, teve uma ideia: usar um microprocessador para colocar algum poder de computação no terminal que estava construindo. Seria um grande salto à frente do Altair: computador, teclado e tela, tudo integrado! "Toda essa visão de um computador pessoal simplesmente pipocou na minha cabeça", disse. "Naquela noite, comecei a rascunhar no papel o que mais tarde seria conhecido como Apple I."

Depois de um dia de trabalho em projetos de calculadora na HP, Wozniak ia para casa jantar e voltava para seu cubículo a fim de trabalhar no computador. Às dez da noite de domingo, 29 de junho de 1975, ocorreu um momento histórico: Wozniak bateu em algumas teclas do teclado, o sinal foi processado por um microprocessador e apareceram letras na tela. "Fiquei chocado", confessou ele. "Pela primeira vez na história alguém teclara um caractere num teclado e o vira aparecer na tela que tinha diante de si." Não era exatamente verdade, mas foi de fato a primeira vez na história que um teclado e um monitor foram integrados a um computador pessoal projetado para hobbistas.

A missão do Homebrew Computer Club era compartilhar ideias de graça. Isso o pôs na mira de Bill Gates, mas Wozniak adotou o éthos comunitário: "Eu acreditava tanto na missão do clube, de promover a computação, que xeroquei talvez umas cem cópias do meu projeto completo para distribuir aos interessados". Ele era tímido demais para se levantar diante de um grupo e fazer uma apresentação formal, mas estava tão orgulhoso do projeto que adorava ficar em pé no fundo da sala, mostrando-o a qualquer um que se aproximasse, e distribuindo os esquemas. "Eu queria distribuí-lo de graça para outras pessoas."

Jobs pensava de outra forma, como no caso da Blue Box. E, como se veria, seu desejo de empacotar e vender um computador fácil de usar — e seu instinto para fazê-lo — mudou o campo dos computadores pessoais, tanto quanto o esperto projeto de circuito de Wozniak. Na realidade, Wozniak teria sido relegado a breves menções no boletim do Homebrew se Jobs não insistisse em criar uma empresa para comercializá-lo.

Jobs começou a ligar para fabricantes de chips, como a Intel, para pedir amostras grátis. "Quero dizer, ele sabia conversar com um representante de vendas", disse

Wozniak, maravilhado. “Eu jamais faria isso. Sou tímido demais.” Jobs também passou a acompanhar Wozniak nas reuniões do Homebrew, levando o aparelho de TV e cuidando das demonstrações, e teve a ideia de vender placas de circuito pré-impressas com projetos de Wozniak. Era típico de sua parceria. “Toda vez que eu projetava alguma coisa legal, Steve descobria um jeito de ganhar dinheiro para nós”, lembrou Wozniak. “Nunca me passou pela cabeça a ideia de vender computadores. Foi Steve que disse: ‘Vamos segurá-los no ar e vender alguns’.” Jobs vendeu sua Kombi e Wozniak sua calculadora HP para financiar o empreendimento.

Eles formavam uma parceria estranha, mas poderosa: Woz era um ingênuo angelical, com jeito de panda, Jobs era um hipnotizador impulsionado pelo demônio que parecia um cão da raça whippet. Gates intimidara Allen fazendo-o conceder mais de metade da sociedade. No caso da Apple, foi o pai de Wozniak, engenheiro que respeitava engenheiros e desprezava marqueteiros e gerentes, que insistiu para que o filho, autor dos projetos, ficasse com mais de 50% da sociedade. Um dia ele confrontou Jobs quando este apareceu na casa de Wozniak: “Você não merece porra nenhuma. Não produziu nada”. Jobs começou a chorar e disse ao amigo que estava pronto para desfazer a sociedade. “Se não for 50-50”, disse Jobs, “pode ficar com tudo.” Mas Wozniak compreendia muito bem a contribuição de Jobs, que valia pelo menos 50%. Por si mesmo, Wozniak talvez nunca fosse além da fase de distribuir esquemas de graça.

Depois que fizeram uma demonstração do computador numa reunião do Homebrew, Jobs foi abordado por Paul Terrell, dono de uma pequena cadeia de lojas de computação chamada The Byte Shop. No fim da conversa, Terrell disse “Mantenha contato” e entregou seu cartão de visitas a Jobs. No dia seguinte, Jobs entrou em sua loja descalço e anunciou: “Estou mantendo contato”. Quando Jobs terminou de vender seu peixe, Terrell já tinha concordado em encomendar cinquenta unidades do que ficaria conhecido como computador Apple I. Mas ele quis todos eles montados, não apenas placas de circuito impresso com um monte de componentes. Esse foi outro passo na evolução dos computadores pessoais. Eles não seriam mais destinados apenas a hobbistas armados com pistolas de solda.

Jobs compreendeu essa tendência. Quando chegou a hora de construir o Apple II, não perdeu muito tempo estudando especificações de microprocessador. Foi à Macy’s no shopping center de Stanford e analisou a Cuisinart. Decidiu que o próximo computador pessoal seria como um eletrodoméstico: tudo encaixado com um invólucro elegante, e nada para montar. Da fonte de energia ao software, do teclado ao monitor, tudo deveria ser rigorosamente integrado. “Minha ideia era criar o primeiro computador completamente empacotado”, explicou. “Não visávamos mais um punhado de hobbistas, que gostavam de montar seus próprios componentes, que sabiam comprar transformadores e teclados. Para cada um deles havia mil pessoas que gostariam de ter uma máquina pronta para funcionar.”

No começo de 1977, umas poucas empresas de computação para hobbistas

tinham surgido do Homebrew e de outros caldeirões. Lee Felsenstein, o mestre de cerimônias do clube, tinha fundado a Processor Technology e aparecera com um computador chamado Sol. Outras empresas incluíam Cromemco, Vector Graphic, Southwest Technical Products, Commodore e IMSAI. Mas o Apple II foi o primeiro computador pessoal simples e totalmente integrado, do hardware ao software. Foi posto à venda em junho de 1977 por 1298 dólares, e dentro de três anos 100 mil unidades foram vendidas.

A ascensão da Apple assinalou o declínio da cultura hobbista. Durante décadas, jovens inovadores, como Kilby e Noyce, tinham sido apresentados à eletrônica aprendendo a distinguir entre diferentes transístores, resistências, capacitores e diodos, depois a fazer o *wire-wrapping* ou soldá-los em placas de ensaio para criar circuitos que se tornavam rádios amadores, controladores de foguetes, amplificadores e osciloscópios. Mas em 1971 os microprocessadores começaram a fazer as complexas placas de circuito parecerem obsoletas, e empresas eletrônicas japonesas passaram a fabricar em massa produtos mais baratos do que os aparelhos feitos em casa. As vendas de kits do tipo "faça você mesmo" definharam. Hackers de hardware, como Wozniak, cederam a primazia para codificadores de software, como Gates. Com o Apple II e depois, mais notavelmente, com o Macintosh em 1984, a Apple se tornou pioneira na criação de máquinas que os usuários não deveriam abrir para mexer em suas entranhas.

O Apple II também estabeleceu uma doutrina que se tornaria credo religioso para Steve Jobs: os hardwares de sua empresa seriam rigorosamente integrados aos softwares do sistema operacional. Jobs era um perfeccionista que gostava de controlar a experiência do usuário do começo ao fim. Não queria deixar que alguém comprasse uma máquina da Apple e rodasse nela o desajeitado sistema operacional de outra firma, ou comprasse o sistema operacional da Apple para colocá-lo no imprestável hardware de outro fabricante.

Esse modelo integrado não se tornou prática geral. O lançamento do Apple II despertou as grandes empresas de computação, em particular a IBM, e fez surgir uma alternativa. A IBM — mais especificamente a IBM sobre a qual Bill Gates levou a melhor — adotaria uma abordagem na qual o hardware e o sistema operacional de um computador pessoal seriam fabricados por diferentes empresas. Como resultado, o software reinaria e, exceto na Apple, a maioria dos hardwares de computador se tornaria matéria-prima.

DAN BRICKLIN E O VISICALC

Para que os computadores pessoais fossem úteis e pessoas normais tivessem motivos para comprá-los, era preciso que eles se tornassem ferramentas, em vez de meros brinquedos. Até o Apple II poderia ser uma moda passageira, depois que o

entusiasmo dos aficionados diminuísse, se os usuários não pudessem aplicá-lo a uma tarefa prática. Assim, surgiu uma demanda pelo que ficou conhecido como software aplicativo, programas que poderiam aplicar o poder de processamento de um computador pessoal a uma tarefa específica.

O pioneiro mais influente nesse campo foi Dan Bricklin, que concebeu o primeiro programa de planilha financeira, o VisiCalc.[83] Bricklin era formado em ciência da computação pelo MIT, passou alguns anos programando softwares de processamento de texto na Digital Equipment Corporation e, depois, matriculou-se na escola de administração de Harvard. Num dia da primavera de 1978, ao assistir a uma palestra, ele viu quando o professor desenhou na lousa colunas e linhas para um modelo financeiro. Quando achava um erro ou queria modificar o valor numa célula, o professor tinha de usar o apagador e alterar os valores em muitas das outras células.[84]

Bricklin vira Doug Engelbart demonstrar seu oNLine System, tornado famoso na Mãe de Todas as Demonstrações, que continha uma apresentação gráfica e um mouse para apontar e clicar. Bricklin começou a imaginar uma planilha eletrônica que usasse um mouse e uma interface simples de apontar-arrastar-e-clicar. Naquele verão, enquanto andava de bicicleta em Martha's Vineyard, ele decidiu transformar a ideia em produto. Bricklin era a pessoa certa para isso. Engenheiro de software com instintos de uma pessoa da área de produtos, tinha sensibilidade para o que os usuários desejavam. Seus pais eram empresários, e ele estava entusiasmado com a perspectiva de abrir um negócio. E trabalhava bem em equipe, com habilidade para encontrar os parceiros certos. "Eu tinha a combinação certa de experiência e conhecimento para desenvolver o software que atendesse às necessidades das pessoas", observou.[85]

Assim, juntou-se a Bob Frankston, um amigo que conhecera no MIT, que também era engenheiro de software com pai empresário. "Nossa capacidade de trabalhar em equipe foi fundamental", disse Frankston. Embora Bricklin pudesse ter escrito o programa sozinho, ele apenas o esboçou e pediu que Frankston o desenvolvesse. "Isso lhe deu liberdade para se concentrar no que o programa deveria fazer, e não em como fazê-lo", comentou Frankston sobre a colaboração deles.[86]

A primeira decisão que tomaram foi desenvolver o programa para uso num computador pessoal, em vez de num computador empresarial DEC. Escolheram o Apple II porque Wozniak fizera sua arquitetura aberta e transparente o bastante para que as funções necessárias aos criadores de software fossem de acesso fácil.

Eles criaram o protótipo durante um fim de semana num Apple II que tomaram emprestado de alguém que viria a ser um terceiro colaborador, Dan Fylstra. Recém-formado pela escola de administração de Harvard, Fylstra havia fundado uma produtora de softwares, especializada em jogos como o xadrez, que ele dirigia de seu apartamento em Cambridge. Para que uma indústria de software se desenvolvesse fora da indústria de hardware era necessário ter empresas que soubessem promover

e distribuir produtos.

Uma vez que Bricklin e Frankston tinham um faro bom para negócios e sensibilidade para os desejos dos consumidores, eles se concentraram em fazer do VisiCalc não apenas um programa, mas um *produto*. Usaram amigos e professores como grupos de discussão para garantir que a interface fosse intuitiva e fácil de usar. "O objetivo era dar ao usuário um modelo conceitual sem imprevistos", explicou Frankston. "Chamava-se o princípio da menor surpresa. Éramos ilusionistas sintetizando uma experiência."87

Entre aqueles que ajudaram a transformar o VisiCalc em fenômeno comercial estava Ben Rosen, então analista do Morgan Stanley que mais tarde transformou sua influente newsletter e suas conferências num negócio e, depois, abriu uma firma de capital de risco em Manhattan. Em maio de 1979, Fylstra demonstrou uma versão inicial do VisiCalc no Fórum do Computador Pessoal de Rosen em sua cidade natal, New Orleans. Em sua newsletter, Rosen entusiasmou-se: "O VisiCalc ganha vida visualmente [...]. Em minutos, gente que nunca usou um computador está escrevendo e usando programas". E terminava com uma previsão que se tornou realidade: "O VisiCalc pode um dia se tornar a cauda software que abana (e vende) o cão computador pessoal".

O VisiCalc catapultou o Apple II para o triunfo, porque por um ano não houve versões para outros computadores pessoais. "Foi o que de fato levou o Apple II ao sucesso que alcançou", disse Jobs mais tarde.88 Ele foi logo seguido por softwares de processamento de texto, como o Apple Writer e o EasyWriter. Desse modo, o VisiCalc não só estimulou o mercado de computadores pessoais como ajudou a criar toda uma nova indústria com fins lucrativos, a de publicar aplicativos patenteados.

O SISTEMA OPERACIONAL IBM

Durante a década de 1970, a IBM dominou o mercado de mainframe, com sua série 360. Mas foi batida pela DEC e pela Wang no mercado de minicomputadores do tamanho de geladeiras, e tudo indicava que também poderia ficar para trás na área de computadores pessoais. "Para a IBM, produzir um computador pessoal seria como ensinar um elefante a sapatear", declarou um especialista.89

A alta administração da empresa parecia concordar. A ideia era apenas obter o licenciamento do computador doméstico Atari 800 e colar nele o nome da IBM. Mas em julho de 1980, quando essa opção foi debatida em reunião, o CEO Frank Carey a desconsiderou. Com certeza, a maior empresa de computadores do mundo poderia criar um computador pessoal próprio, disse ele. Fazer alguma coisa de novo na companhia, reclamou, parecia exigir três centenas de pessoas trabalhando durante três anos.

Foi quando Bill Lowe, que era o diretor do laboratório de desenvolvimento da

IBM em Boca Raton, Flórida, se manifestou com estridência. "Não, o senhor está errado", declarou. "Podemos ter um projeto pronto em um ano."[90] Sua petulância valeu-lhe a tarefa de supervisionar o projeto, de codinome Acorn, de criação de um computador pessoal IBM.

A nova equipe de Lowe era comandada por Don Estridge, que escolheu Jack Sams, um sulista gentil, veterano de vinte anos da IBM, para ser o encarregado de montar o software. Tendo em vista o prazo de um ano, Sams sabia que teria de obter licenças de software de fornecedores externos, em vez de criá-los na empresa. Assim, em 21 de julho de 1980, telefonou para Bill Gates e pediu para vê-lo de imediato. Quando Gates o convidou a ir a Seattle na semana seguinte, Sams respondeu que já estava a caminho do aeroporto e que queria encontrá-lo no dia seguinte. Ao perceber que havia um grande peixe com vontade de ser fisgado, Gates vibrou.

Algumas semanas antes, Gates havia recrutado Steve Ballmer, seu companheiro de dormitório em Harvard, para ser o gerente de negócios da Microsoft, e lhe pediu que participasse da reunião com a IBM. "Você é o único outro cara daqui capaz de usar um terno", disse.[91] Quando Sams chegou, Gates também estava de terno, mas não passou a imagem esperada. "Um rapaz apareceu para nos acompanhar e achei que fosse o office boy", lembrou Sams, que estava vestido no padrão IBM, de terno azul e camisa branca. Mas ele e o resto de sua equipe logo se deslumbraram com o brilhantismo de Gates.

De início, o pessoal da IBM quis falar sobre licenciamento do Microsoft BASIC, porém Gates transformou a conversa numa intensa discussão sobre para onde a tecnologia estava indo. No final de algumas horas, estavam falando sobre o licenciamento de todas as linguagens de programação que a Microsoft tinha ou poderia produzir, entre elas Fortran e COBOL, além do BASIC. "Dissemos à IBM: 'O.k., vocês podem comprar tudo o que fazemos', embora ainda não tivéssemos feito", lembrou Gates.[92]

A equipe da IBM voltou à Microsoft algumas semanas mais tarde. Havia uma parte essencial de software, além dessas linguagens de programação, de que a IBM carecia: ela precisava de um sistema operacional, o programa que serviria de base para todos os demais programas. O sistema operacional controla as instruções básicas que outros softwares utilizam, entre elas tarefas como decidir onde os dados devem ser armazenados, como memória e recursos de processamento devem ser alocados e como os aplicativos interagem com o hardware do computador.

A Microsoft ainda não produzia um sistema operacional. Em vez disso, estava trabalhando com um chamado CP/M (Control Program for Microcomputers [Programa de Controle para Microcomputadores]), de propriedade de Gary Kildall, um amigo de infância de Gates que tinha se mudado havia pouco para Monterey, Califórnia. Então, com Sams sentado em seu escritório, Bill Gates pegou o telefone e ligou para Kildall. "Estou encaminhando alguns caras para você", disse, e descreveu o que os executivos

da IBM estavam buscando. "Trate-os bem, são caras importantes."[93]

Kildall não fez isso. Mais tarde, Gates se referiu ao episódio como "o dia em que Gary decidiu voar". Em vez de receber os visitantes da IBM, Kildall resolveu pilotar seu avião particular, como adorava fazer, e manter um compromisso agendado antes em San Francisco. Ele deixou a cargo da esposa o encontro com os quatro homens de terno escuro da IBM na excêntrica casa vitoriana que servia de sede para sua empresa. Quando eles lhe apresentaram um acordo de confidencialidade, ela se recusou a assiná-lo. Depois de muito regatear, o pessoal da IBM se retirou, contrariado. "Abrimos nossa carta, que dizia: por favor, não diga a ninguém que estamos aqui e não queremos ouvir nada confidencial, e ela leu e disse que não podia assinar aquilo", lembrou Sams. "Passamos o dia inteiro em Pacific Grove, discutindo com eles, com nossos advogados, os advogados dela e Deus e o mundo sobre se ela podia ou não até mesmo falar conosco sobre falar conosco, e depois fomos embora." A pequena empresa de Kildall tinha simplesmente liquidado com sua chance de se tornar a grande protagonista do mundo dos softwares.[94]

Sams voltou a Seattle para se encontrar com Gates e pediu-lhe que descobrisse outra maneira de fazer um sistema operacional. Por sorte, Paul Allen conhecia alguém na cidade que poderia ajudar: Tim Paterson, que trabalhava para uma pequena empresa chamada Seattle Computer Products. Poucos meses antes, ele ficara frustrado porque o CP/M de Kildall não estava disponível para os microprocessadores mais recentes da Intel, então o adaptou para um sistema operacional que chamou de QDOS, sigla de Quick and Dirty Operating System [Sistema Operacional Rápido e Sujo].[95]

Àquela altura, Gates havia chegado à conclusão de que um único sistema operacional, muito provavelmente o escolhido pela IBM, acabaria por ser o sistema operacional-padrão que a maioria dos computadores pessoais usaria. Ele também calculou que quem possuísse esse sistema operacional estaria em posição privilegiada. Então, em vez de orientar o pessoal da IBM a visitar Paterson, Gates e sua equipe disseram que cuidariam das coisas eles mesmos. Ballmer recordou mais tarde: "Dissemos à IBM: 'Olha, vamos buscar esse sistema operacional nessa pequena empresa local, vamos cuidar dele, vamos dar um jeito nisso'".

A empresa de Paterson estava passando por dificuldades, de modo que Allen conseguiu negociar um bom acordo com o amigo. Após adquirir de início apenas uma licença não exclusiva, Allen voltou a falar com Paterson quando o negócio com a IBM parecia próximo de ser fechado e comprou o software dele, sem lhe dizer por quê. "Acabamos fazendo um acordo para comprar seu sistema operacional, para qualquer uso que quiséssemos, por 50 mil dólares", relembrou Allen.[96] Por essa ninharia, a Microsoft adquiriu o software que, depois de passar por uma enfeitada, lhe permitiria dominar a indústria de software por mais de três décadas.

Mas Gates quase empacou. Por mais estranho que parecesse, ele estava preocupado com a possibilidade de a Microsoft, muito sobrecarregada com outros

projetos, não ter a capacidade de promover o QDOS a um sistema operacional digno da IBM. Sua empresa tinha apenas quarenta funcionários maltrapilhos, alguns dos quais dormiam no chão e tomavam banho de esponja de manhã, e era comandada por um carinha de 24 anos que ainda podia ser confundido com um office boy. Num domingo do final de setembro de 1980, dois meses após a primeira visita da IBM, Gates reuniu sua equipe de ponta para tomar a decisão crucial. Kay Nishi, um jovem empreendedor japonês da área de computação, com entusiasmo gatesiano, foi o mais inflexível. "Tem de fazer! Tem de fazer!", ele gritou vezes seguidas enquanto saltava pela sala. Gates concluiu que ele tinha razão.[97]

Gates e Ballmer pegaram um voo noturno para Boca Raton a fim de negociar o acordo. Sua receita de 1980 era de 7,5 milhões de dólares, enquanto a da IBM era de 30 bilhões, mas Gates estava de olho em um acordo que permitisse à Microsoft manter a posse de um sistema operacional que a IBM transformaria em padrão global. Em seu negócio com a empresa de Paterson, a Microsoft havia comprado o DOS em sua totalidade, "para qualquer uso", em vez de meramente obter uma licença. Fora um lance inteligente, mas seria mais inteligente ainda não deixar que a IBM forçasse a Microsoft a fazer o mesmo arranjo.

Quando desembarcaram no aeroporto de Miami, eles foram ao banheiro para vestir terno, e Gates se deu conta de que esquecera a gravata. Numa demonstração incomum de meticulosidade, insistiu que parassem no magazine Burdine's, no caminho para Boca, a fim de comprar uma. Ela não causou todo o efeito desejado nos executivos da IBM vestidos com seus ternos impecáveis. Um dos engenheiros de software lembrou que Gates parecia um "garoto que havia perseguido alguém ao redor do quarteirão e roubado um terno que era grande demais para ele. Seu colarinho sobrava e ele parecia um fedelho, e eu disse: 'Quem é esse?'".[98]

Mas assim que Gates iniciou sua apresentação, eles deixaram de prestar atenção à sua aparência desgrenhada. Ele impressionou a equipe da IBM com seu domínio de detalhes, tanto técnicos quanto legais, e projetou uma confiança tranquila ao insistir nos termos. Em grande parte, foi uma encenação. Quando chegou de volta a Seattle, ele entrou em seu escritório, deitou no chão e expressou a Ballmer todas as suas angústias e dúvidas.

Após um mês de idas e vindas, chegaram a um acordo de 32 páginas, no início de novembro de 1980. "Steve e eu sabíamos de cor aquele contrato", declarou Gates.[99] "Não nos pagaram muito. O total foi alguma coisa como 186 mil dólares." De início, pelo menos. Mas o contrato tinha duas disposições que, Gates sabia, iriam alterar o equilíbrio de poder na indústria de computadores. A primeira era que a licença da IBM para usar o sistema operacional, que se chamaria PC-DOS, não seria exclusiva. Gates poderia licenciar o mesmo sistema operacional para outros fabricantes de computadores pessoais com o nome de MS-DOS. Em segundo lugar, a Microsoft manteria o controle do código-fonte. Isso significava que a IBM não poderia modificar ou aprimorar o software para alguma coisa que se tornasse propriedade

particular de suas máquinas. Apenas a Microsoft poderia fazer mudanças, e então poderia licenciar cada nova versão para qualquer empresa que quisesse. “Sabíamos que haveria clones do IBM PC”, disse Gates. “Estruturamos o contrato original para permiti-los. Foi um ponto fundamental de nossas negociações.”[100]

O negócio foi semelhante ao que Gates havia feito com a MITS, quando reteve o direito de licenciar o BASIC para outros fabricantes de computadores. Essa postura possibilitou que o BASIC da Microsoft e, mais importante, seu sistema operacional se tornassem um padrão da indústria, controlado pela Microsoft. “Com efeito, o slogan em nosso anúncio havia sido: ‘Nós estabelecemos o padrão’”, relembrou Gates, com uma risada. “Mas quando nós, de fato, estabelecemos o padrão, nosso advogado antitruste nos disse para nos livrarmos dele. É um daqueles slogans que só podem ser usados quando não são verdadeiros.”[101d]

Gates vangloriou-se para a mãe a respeito da importância de seu contrato com a IBM, na esperança de que isso provasse que ele estava certo ao abandonar Harvard. Acontece que Mary Gates fazia parte do conselho da United Way ao lado do presidente da IBM, John Opel, que estava prestes a assumir o lugar de Frank Cary como CEO. Um dia, ela estava indo para uma reunião no avião de Opel e mencionou a ligação. “Ah, o meu menino está fazendo um projeto, na verdade, ele está trabalhando com a sua empresa.” Opel parecia desconhecer a Microsoft. Então, quando voltou, ela advertiu Bill: “Olhe, mencionei a Opel seu projeto e como você abandonou a escola e tudo o mais, e ele não sabe quem você é, então talvez seu projeto não seja tão importante como você pensa”. Algumas semanas depois, os executivos de Boca Raton foram à sede da IBM para informar Opel sobre seus progressos. “Temos uma dependência da Intel para o chip, e a Sears e a ComputerLand vão fazer a distribuição”, explicou o líder da equipe. “Mas talvez nossa maior dependência seja, na verdade, de uma empresa de software bem pequena de Seattle, dirigida por um sujeito chamado Bill Gates.” Ao que Opel respondeu: “Você está se referindo ao filho de Mary Gates? Ah, sim, ela é ótima”.[102]

A produção de todo o software para a IBM foi uma luta, como Gates previa, mas a turma maltrapilha da Microsoft trabalhou sem interrupções durante nove meses para levá-la a cabo. Por uma última vez, Gates e Allen trabalharam em dupla de novo, sentados lado a lado durante a noite, codificando com a intensidade compartilhada que haviam exibido em Lakeside e Harvard. “O único bate-boca que Paul e eu tivemos aconteceu quando ele quis ir ao lançamento de um ônibus espacial e eu não, porque estávamos atrasados”, contou Gates. Allen acabou indo. “Era o primeiro”, explicou ele. “E voltamos logo após o lançamento. Não ficamos fora nem mesmo 36 horas.”

Ao programar o sistema operacional, os dois ajudaram a determinar a aparência do computador pessoal. “Paul e eu decidimos cada detalhezinho chato do PC”, contou Gates. “O layout do teclado, como a porta de cassete funcionava, como a porta de som

funcionava, como a porta gráfica funcionava."[103] O resultado, infelizmente, refletiu o gosto nerd de design de Gates. Além de obrigar uma legião de usuários a aprender onde estava a tecla da barra invertida, havia pouca coisa boa que se pudesse dizer sobre interfaces homem-máquina que se baseavam em prompts como "c:\>" e arquivos com nomes desajeitados como AUTOEXEC.BAT e CONFIG.SYS.

Anos mais tarde, em um evento em Harvard, o investidor em ativos privados David Rubenstein perguntou a Gates por que ele havia imposto ao mundo a sequência de inicialização Control+Alt+Delete: "Por que, quando quero ligar meu computador e software, preciso ter três dedos? De quem foi a ideia?". Gates começou a explicar que os designers do teclado da IBM não conseguiram criar uma maneira fácil de sinalizar ao hardware para abrir o sistema operacional, então ele parou e sorriu envergonhado. "Foi um erro", admitiu.[104] Os codificadores às vezes esquecem que a simplicidade é a alma da beleza.

O IBM PC foi lançado, a um preço de 1565 dólares, no Waldorf Astoria, em Nova York, em agosto de 1981. Gates e sua equipe não foram convidados para o evento. "A coisa mais estranha", disse Gates, "foi que quando pedimos para ir ao grande lançamento oficial, a IBM não nos atendeu."[105] Na cabeça da IBM, a Microsoft era apenas um fornecedor.

Gates riu por último. Graças ao acordo que fez, a Microsoft pôde transformar o IBM PC e seus clones em mercadorias intercambiáveis que ficariam reduzidas a competir no preço e condenadas a ter margens de lucro pequenas. Alguns meses depois, numa entrevista publicada no primeiro número da revista *PC*, ele salientou que, em breve, todos os computadores pessoais estariam usando os mesmos microprocessadores padronizados. "O hardware se tornará muito menos interessante", disse. "O trabalho total estará no software."[106]

A INTERFACE GRÁFICA DO USUÁRIO

Steve Jobs e sua equipe da Apple compraram um IBM PC assim que ele foi lançado. Queriam verificar como era a concorrência. Segundo a opinião geral, para usar a expressão de Jobs, era "uma droga". Não se tratava apenas de um reflexo da arrogância instintiva dele, embora em parte o fosse. Era uma reação ao fato de que a máquina, com seus prompts c:\> grosseiros e design quadradão, era chata. Não ocorreu a Jobs que os gerentes de tecnologia empresarial talvez não ansiassem por empolgação no escritório e soubessem que não arranjariam encrenca ao escolher uma marca chata como a IBM em vez de uma destemida como a Apple. Por acaso, Bill Gates estava na sede da Apple para uma reunião no dia em que o IBM PC foi anunciado. "Eles não pareceram se importar", disse ele. "Demorou um ano para perceberem o que tinha acontecido."[107]

Jobs era estimulado pela concorrência, sobretudo quando achava que ela era

uma droga. Ele se considerava um guerreiro zen iluminado, lutando contra as forças da feiura e do mal. Mandou a Apple publicar um anúncio no *Wall Street Journal*, que ele mesmo ajudara a escrever. O título: "Bem-vinda, IBM. A sério".

Um motivo do desdém de Jobs era que ele já havia visto o futuro e começara a inventá-lo. Em visitas ao Xerox PARC, mostraram-lhe muitas das ideias que Alan Kay, Doug Engelbart e seus colegas haviam desenvolvido, com destaque para a interface gráfica de usuário (*graphical user interface* — GUI), que contava com uma metáfora da área de trabalho, com janelas, ícones e um mouse que servia de seta. A criatividade da equipe do Xerox PARC combinada com a genialidade de design e marketing de Jobs faria da GUI o próximo grande salto no sentido de facilitar a interação homem-máquina que Bush, Licklider e Engelbart haviam imaginado.

As duas visitas principais de Jobs com sua equipe ao Xerox PARC aconteceram em dezembro de 1979. Jef Raskin, um engenheiro da Apple que estava projetando um computador amigável que acabaria por se tornar o Macintosh, já havia visto o que a Xerox estava fazendo e queria convencer Jobs a dar uma olhada. O problema era que Jobs achava Raskin insuportável — a expressão exata que ele usava para Raskin era "um pé no saco" —, mas, por fim, fez a peregrinação. Ele fizera um acordo com a Xerox que permitia ao pessoal da Apple estudar a tecnologia, em troca de permitir que a Xerox fizesse um investimento de 1 milhão de dólares na Apple.

Jobs sem dúvida não foi a primeira pessoa de fora a ver o que o Xerox PARC havia criado. Seus pesquisadores fizeram centenas de demonstrações para visitantes e já haviam distribuído mais de mil unidades do Xerox Alto, o caro computador desenvolvido por Lampson, Thacker e Kay que usava uma interface gráfica de usuário e outras inovações do PARC. Mas Jobs foi o primeiro a ficar obcecado por incorporar as ideias de interface do PARC a um computador pessoal simples e barato. Mais uma vez, a maior inovação não viria das pessoas que criavam os avanços, mas das pessoas que lhes davam aplicações úteis.

Na primeira visita de Jobs, os engenheiros do Xerox PARC, liderados por Adele Goldberg, que trabalhava com Alan Kay, foram reservados. Eles não mostraram muita coisa a Jobs. Mas ele teve um chilique — "Vamos acabar com essa conversa fiada", gritou — e por fim lhe fizeram, a mando da direção da Xerox, uma exibição completa. Jobs saltitava pela sala enquanto seus engenheiros estudavam cada pixel na tela. "Vocês estão sentados em cima de uma mina de ouro", gritou. "Não posso acreditar que a Xerox não esteja tirando proveito disso."

Havia três grandes inovações em exposição. A primeira era a Ethernet, a tecnologia desenvolvida por Bob Metcalfe para criar redes locais. Tal como Gates e outros pioneiros dos computadores pessoais, Jobs não estava muito interessado — decerto não tanto quanto deveria — em tecnologia de rede. Ele estava focado na capacidade dos computadores de dar poder aos indivíduos, não de facilitar a colaboração. A segunda inovação era a programação orientada para o objeto. Isso tampouco arrebatou Jobs, que não era um programador.

O que chamou sua atenção foi a interface gráfica do usuário, que apresentava uma metáfora da área de trabalho tão intuitiva e amigável quanto um playground de bairro. Tinha ícones bonitos para documentos e pastas e outras coisas que se poderia desejar, entre elas uma lata de lixo e um cursor controlado por mouse que tornava fácil clicar. Jobs não só adorou aquilo como imaginou maneiras de aperfeiçoá-lo, torná-lo mais simples e mais elegante.

A interface gráfica era possível graças ao *bitmapping*, outra inovação pioneira do Xerox PARC. Até então, a maioria dos computadores, entre os quais o Apple II, apenas gerava números ou letras na tela, em geral num verde medonho contra um fundo preto. O *bitmapping* possibilitava que cada pixel na tela fosse controlado pelo computador — ligado ou desligado, e em qualquer cor. Isso permitia todos os tipos de telas, fontes, desenhos e gráficos maravilhosos. Com sua sensibilidade para o design, sua familiaridade com as fontes e o amor pela caligrafia, Jobs ficou encantado com o *bitmapping*. "Foi como se um véu tivesse sido tirado de meus olhos", lembrou. "Eu pude ver qual seria o futuro da computação."

Enquanto voltava de carro para o escritório da Apple em Cupertino, numa velocidade que teria impressionado até Gates, Jobs disse a seu colega Bill Atkinson que eles precisavam incorporar e aperfeiçoar a interface gráfica da Xerox nos computadores futuros da Apple, como os vindouros Lisa e Macintosh. "É isso!", gritou. "Temos de fazer isso!" Era uma maneira de levar os computadores para o povo.[108]

Mais tarde, quando o acusaram de furtar ideias da Xerox, Jobs citou Picasso: "Artistas bons copiam, grandes artistas roubam". E acrescentou: "E nós nunca sentimos vergonha de roubar grandes ideias". Ele também tripudiou, dizendo que a Xerox não sabia o que estava fazendo. "Eles estavam com a cabeça em copiadoras e não tinham a mínima ideia sobre o que um computador podia fazer", disse, a respeito da direção da Xerox. "Eles simplesmente transformaram em derrota a maior vitória da indústria de computadores. A Xerox poderia ter sido dona de toda a indústria de computadores."[109]

Na verdade, nenhuma das explicações faz justiça a Jobs e à Apple. Como mostra o caso de John Atanasoff, o esquecido inventor de Iowa, a concepção é apenas o primeiro passo. O que na realidade importa é a execução. Jobs e sua equipe tomaram as ideias da Xerox e as aperfeiçoaram, implementaram e comercializaram. A Xerox teve a chance de fazê-lo e de fato tentou, com uma máquina chamada Xerox Star. Era desajeitada, desleixada e cara, e revelou-se um fracasso. A equipe da Apple simplificou o mouse para que tivesse apenas um botão, deu-lhe o poder de mover documentos e outros itens pela tela, permitiu que extensões de arquivo pudessem ser mudadas apenas arrastando um documento e "largando-o" numa pasta, inventou os menus suspensos e criou a ilusão de que os documentos podiam ser empilhados e sobrepostos.

A Apple lançou o Lisa em janeiro de 1983 e, a seguir, com mais sucesso, o

Macintosh, um ano depois. Jobs sabia, quando revelou o Mac, que ele impulsionaria a revolução dos computadores pessoais por ser uma máquina que era amigável o suficiente para ser levada para casa. No lançamento teatral do produto, ele atravessou um palco escuro para tirar o novo computador de um saco de pano. O tema de *Carruagens de fogo* começou a tocar, a palavra MACINTOSH percorreu a tela na horizontal, depois foi para baixo, e as palavras "Insanamente grandioso!" apareceram numa grafia elegante, como se estivessem sendo escritas à mão, devagar. Houve um momento de silêncio reverente no auditório, em seguida alguns suspiros. A maioria nunca tinha visto, ou sequer imaginado, algo tão espetacular. A tela então expôs com rapidez diferentes fontes, documentos, gráficos, desenhos, um jogo de xadrez, uma planilha eletrônica e uma representação do rosto de Jobs com o pensamento num Macintosh dentro de um balãozinho ao lado da cabeça. A ovação durou cinco minutos.[110]

O lançamento do Macintosh foi acompanhado por um anúncio memorável, "1984", que mostrava uma jovem heroína que corria mais rápido que a polícia autoritária e jogava um martelo numa tela, destruindo o Big Brother. Era Jobs, o rebelde, enfrentando a IBM. E a Apple tinha agora uma vantagem: havia aperfeiçoado e implementado uma interface gráfica de usuário, o grande e novo salto na interação homem-máquina, enquanto a IBM e seu fornecedor de sistema operacional Microsoft ainda estavam usando linhas de comando grosseiras com prompts c:\>.

WINDOWS

No início de 1980, antes da chegada do Macintosh, a Microsoft tinha uma boa relação com a Apple. Com efeito, no dia em que a IBM lançou seu PC, em agosto de 1981, Bill Gates estava na Apple em visita a Jobs, um fato normal, uma vez que a maior parte da receita da Microsoft vinha da produção de softwares para o Apple II. Gates ainda era o suplicante na relação. Em 1981, a Apple teve uma receita de 334 milhões de dólares, enquanto a da Microsoft foi de 15 milhões. Jobs queria que Gates fizesse versões novas de seus programas para o Macintosh, que ainda era um projeto secreto. Assim, na reunião que fizeram em agosto de 1981, ele confidenciou seus planos a Bill.

Gates achou que a ideia do Macintosh — um computador barato para as massas com uma interface gráfica de usuário simples — parecia, como ele disse, "superlegal". Estava esperançoso, até ansioso, de que a Microsoft fizesse programas para o novo computador. Então convidou Jobs para ir a Seattle. Na apresentação que fez lá aos engenheiros da Microsoft, Jobs estava no seu melhor estilo carismático. Com um pouco de licença metafórica, expôs sua visão de uma fábrica na Califórnia que pegaria areia, a matéria-prima do silício, e produziria em massa um "aparelho de informação" tão simples que não precisaria de manual. O pessoal da Microsoft deu ao projeto o

codinome "Sand" [areia]. Eles até fizeram engenharia reversa com o nome, transformando-o num acrônimo: Steve's Amazing New Device [Nova Máquina Maravilhosa de Steve].[111]

Jobs tinha uma grande preocupação com a Microsoft: não queria que ela copiasse a interface gráfica do usuário. Com sua sensibilidade para o que iria conquistar os consumidores médios, ele sabia que a metáfora da área de trabalho com navegação aponta-e-clica seria, se bem-feita, a inovação que de fato tornaria os computadores pessoais. Em 1981, numa conferência de design em Aspen, falou com eloquência sobre como as telas de computador se tornariam amigáveis usando "metáforas que as pessoas já entendem, como a de documentos sobre uma mesa". Seu temor de que Gates roubasse a ideia era um tanto irônico, já que ele próprio havia furtado o conceito da Xerox. Mas no modo de pensar de Jobs, ele fizera um acordo para ter o direito de se apropriar da ideia da Xerox. Ademais, ele a aperfeiçoara.

Então, Jobs incluiu em seu contrato com a Microsoft uma cláusula que, ele acreditava, daria à Apple pelo menos um ano de vantagem em relação à interface gráfica do usuário. O contrato estipulava que por determinado período a Microsoft não produziria para nenhuma outra empresa que não fosse a Apple qualquer software que utilizasse "um mouse ou bola de rastreamento" ou tivesse uma interface gráfica apontar-e-clicar. Mas o campo de distorção da realidade de Jobs o venceu. Uma vez que estava decidido a pôr o Macintosh no mercado até o final de 1982, ele se convenceu de que isso iria acontecer. Assim, concordou que a proibição duraria até o final de 1983. Na realidade, o Macintosh só foi lançado em janeiro de 1984.

Em setembro de 1981, a Microsoft começou a projetar em segredo um novo sistema operacional, destinado a substituir o DOS, baseado na metáfora da área de trabalho, com janelas, ícones, mouse e seta. Ela trouxe do Xerox PARC Charles Simonyi, engenheiro de software que trabalhara ao lado de Alan Kay na criação de programas gráficos para o Xerox Alto. Em fevereiro de 1982, o *Seattle Times* publicou uma foto de Gates e Allen, que, como um leitor de visão aguçada poderia notar, tinha uma lousa branca no fundo com alguns esboços e as palavras "Window manager" no alto. Naquele verão, assim que começou a perceber que a data de lançamento do Macintosh ficaria para pelo menos o final de 1983, Jobs ficou paranoico. Seus temores aumentaram quando seu amigo próximo Andy Hertzfeld, um engenheiro da equipe do Macintosh, informou que seu contato na Microsoft começara a fazer perguntas detalhadas sobre o *bitmapping*. "Eu disse a Steve que suspeitava que a Microsoft iria clonar o Mac", relembrou Hertzfeld.[112]

Os temores de Jobs se concretizaram em novembro de 1983, dois meses antes do lançamento do Macintosh, quando Gates deu uma entrevista coletiva no Palace Hotel, em Manhattan. Ele anunciou que a Microsoft estava desenvolvendo um novo sistema operacional que estaria disponível para os PCs da IBM e seus clones, com uma interface gráfica do usuário. Ele se chamaria Windows.

Gates estava dentro de seu direito. Seu acordo restritivo com a Apple expirava

no final de 1983, e a Microsoft pretendia pôr o Windows no mercado bem depois disso. (Na realidade, a Microsoft demorou tanto tempo para concluir até mesmo uma versão 1.0 de má qualidade que o Windows só seria posto à venda em novembro de 1985.) Não obstante, Jobs estava furioso, o que não era algo bonito de se ver. "Traga-me Gates aqui já", ordenou a um de seus gerentes. Gates topou ir até lá, mas não se intimidou. "Ele me chamou para me dar um esporro", lembrou. "Fui a Cupertino para satisfazê-lo. 'Estamos fazendo o Windows', eu lhe disse. 'Estamos apostando nossa empresa na interface gráfica.'" Numa sala de conferências cheia de funcionários atônitos da Apple, Jobs respondeu aos gritos: "Você está trapaceando! Eu confiei em você, e agora você está nos roubando!".[113] Gates tinha o hábito de ficar mais calmo e mais frio sempre que Jobs ficava histérico. No final da diatribe de Jobs, Gates olhou para ele e, com sua voz esganiçada, respondeu com o que se tornou um comentário cáustico clássico:

> Bem, Steve, acho que há mais de uma maneira de encarar isso. Acho que a situação está mais para o seguinte: nós dois tivemos um vizinho rico chamado Xerox, eu invadi a casa dele para roubar o aparelho de TV e descobri que você já o havia roubado.[114]

Jobs guardou raiva e ressentimento pelo resto da vida. "O que eles fizeram foi roubo, pura e simplesmente, porque Gates não tem vergonha", disse quase trinta anos depois, pouco antes de morrer. Ao ouvir tal acusação, Bill Gates reagiu: "Se acredita nisso, ele entrou mesmo num de seus próprios campos de distorção da realidade".[115]

Os tribunais acabaram decidindo que, do ponto de vista legal, Gates estava correto. A decisão de um tribunal federal de apelações observou que as

> GUIs foram desenvolvidas como uma forma amigável para os mortais comuns se comunicarem com o computador Apple [...] baseada numa metáfora da área de trabalho com janelas, ícones e menus suspensos que podem ser manipulados na tela com um dispositivo de mão chamado mouse.

Mas decidiu que "a Apple não pode obter proteção de patente para a ideia de uma interface gráfica do usuário, ou para a ideia de uma metáfora da área de trabalho". Proteger uma inovação *look-and-feel* era quase impossível.

Quaisquer que fossem os aspectos legais, Jobs tinha o direito de estar furioso. A Apple havia sido mais inovadora, criativa e elegante na execução e brilhante no design. A GUI da Microsoft era de má qualidade, com janelas em mosaico que não podiam se sobrepor e gráficos que pareciam ter sido projetados por bêbados em um

porão da Sibéria.

Não obstante, o Windows acabou por passar por cima de todos e dominar o mercado, não porque seu design fosse melhor, mas porque seu modelo de negócios era melhor. A fatia de mercado dominada pelo Microsoft Windows chegou a 80% em 1990 e continuou a subir, atingindo 95% em 2000. Para Jobs, o sucesso da Microsoft representava um defeito estético no funcionamento do universo. "O único problema com a Microsoft é que eles simplesmente não têm gosto, eles não têm gosto nenhum", disse mais tarde. "Não digo isso numa dimensão pequena. Digo numa dimensão ampla, no sentido de que eles não têm ideias originais e não põem muita cultura em seus produtos."[116]

A principal razão para o sucesso da Microsoft foi que ela estava disposta e ansiosa para licenciar seu sistema operacional para qualquer fabricante de hardware. A Apple, por outro lado, optou por uma abordagem integrada. Seu hardware vinha apenas com seu software e vice-versa. Jobs era um artista, um perfeccionista e, portanto, um maluco pelo controle que queria estar no comando da experiência do usuário do início ao fim. A abordagem da Apple levou a produtos mais bonitos, a uma maior margem de lucro e a uma experiência mais sublime do usuário. A abordagem da Microsoft levou a uma escolha mais ampla de hardware. E também se mostrou um caminho melhor para ganhar fatias de mercado.

RICHARD STALLMAN, LINUS TORVALDS E OS MOVIMENTOS DE SOFTWARE LIVRE E CÓDIGO ABERTO

No final de 1983, bem no momento em que Jobs se preparava para revelar o Macintosh e Gates anunciava o Windows, surgiu outra abordagem da criação de softwares. Ela foi proposta por Richard Stallman, um dos frequentadores mais intransigentes do Laboratório de Inteligência Artificial e do Tech Model Railroad Club, ambos do MIT, um hacker possuído pela verdade, com a aparência de um profeta do Velho Testamento. Com fervor moral ainda maior do que o dos membros do Homebrew Computer Club, que copiavam fitas do Microsoft BASIC, Stallman acreditava que os softwares deviam ser criados de forma colaborativa e compartilhados livremente.[117]

À primeira vista, isso não parecia ser uma postura que daria incentivos para que se produzissem softwares excelentes. A alegria da partilha livre não era o que motivava Gates, Jobs e Bricklin. Mas, uma vez que havia uma ética colaborativa e comunitária que permeava a cultura hacker, os movimentos de software livre e de código aberto acabaram sendo forças poderosas.

Nascido em 1953, Richard Stallman mostrou desde a infância em Manhattan um forte interesse por matemática e desvendou o cálculo por conta própria ainda menino. "A matemática tem algo em comum com a poesia", diria mais tarde. "Ela é feita de

relações verdadeiras, passos verdadeiros, deduções verdadeiras, por isso tem essa beleza." Ao contrário de seus colegas, era profundamente avesso à competição. Quando seu professor do ensino médio dividiu os alunos em duas equipes para um concurso de perguntas, Stallman recusou-se a respondê-las. "Eu resistia à ideia de competir", explicou.

> Eu via que estava sendo manipulado e meus colegas estavam sendo vítimas dessa manipulação. Todos queriam vencer as pessoas da outra equipe, que eram suas amigas tanto quanto as de sua própria equipe. Começaram a exigir que eu respondesse às perguntas para que pudéssemos vencer. Mas eu resisti à pressão porque não tinha preferência por uma equipe ou outra.[118]

Stallman foi para Harvard, onde se tornou uma lenda, mesmo entre os magos da matemática; durante os verões e depois de formado, trabalhou no Laboratório de Inteligência Artificial do MIT, duas paradas de metrô adiante, em Cambridge. Lá, ajudou na confecção do layout do trilho de trem no Tech Model Railroad Club, escreveu um simulador do PDP-11 para ser executado no PDP-10 e se apaixonou pela cultura colaborativa. "Tornei-me parte de uma comunidade de compartilhamento de software que já existia havia muitos anos", relembrou. "Sempre que gente de outra universidade ou de uma empresa queria usar um programa, nós deixávamos com prazer. Sempre se podia pedir para ver o código-fonte."[119]

Como um bom hacker, Stallman desafiava restrições e portas trancadas. Com seus colegas, inventou várias maneiras de invadir escritórios onde havia terminais proibidos; sua especialidade era subir nos tetos falsos, afastar uma telha e baixar uma longa tira de fita magnética com chumaços de fita adesiva pegajosa na ponta para abrir maçanetas. Quando o MIT instituiu um banco de dados de usuários e um sistema de senhas fortes, Stallman resistiu e instou os colegas a fazer o mesmo: "Achei aquilo revoltante, então não preenchi o formulário e criei uma senha de conjunto vazio". À certa altura, um professor advertiu que a universidade poderia apagar seu diretório de arquivos. Isso seria ruim para todos, retrucou Stallman, já que alguns dos recursos do sistema estavam em seu diretório.[120]

Para azar de Stallman, a camaradagem entre os hackers do MIT começou a se dissipar no início da década de 1980. O laboratório comprou um novo computador com um sistema de software que era patenteado. "Você tinha de assinar um acordo de confidencialidade até para obter uma cópia executável", lamentou Stallman. "Isso significava que o primeiro passo para usar um computador era prometer não ajudar o seu próximo. Uma comunidade cooperativa era proibida."[121]

Em vez de se rebelar, muitos de seus colegas foram trabalhar em firmas de software com fins lucrativos, entre elas um subproduto do laboratório do MIT chamado Symbolics, onde ganharam um monte de dinheiro por não compartilhar

livremente. Stallman, que às vezes dormia em seu escritório e tinha a aparência de quem comprava roupas num brechó, não compartilhava das suas motivações monetárias e os considerava traidores. A gota d'água veio quando a Xerox doou uma nova impressora a laser e ele quis incluir uma modificação no software para avisar aos usuários da rede quando ela travasse. Ele pediu a uma pessoa que lhe fornecesse o código-fonte da impressora, mas ela se recusou, dizendo que havia assinado um acordo de confidencialidade. Stallman ficou moralmente indignado.

Todos esses eventos transformaram Stallman ainda mais num Jeremias que protestava contra a idolatria e pregava um livro de lamentações. "Algumas pessoas me comparam a um profeta do Antigo Testamento, e o motivo é que os profetas do Antigo Testamento diziam que certas práticas sociais estavam erradas", afirmou. "Eles não faziam concessões em questões morais."[122] Tampouco Stallman. O software de propriedade privada era o "mal", disse ele, porque "exigia que as pessoas concordassem em não compartilhar e isso deixava a sociedade feia". O caminho para resistir e derrotar as forças do mal, decidiu, era criar softwares livres.

Então, em 1982, repelido pelo egoísmo que parecia permear a sociedade da era Reagan, bem como os empresários de software, Stallman iniciou uma missão para criar um sistema operacional que fosse livre e completamente público. Para evitar que o MIT reivindicasse os direitos disso, largou o emprego no Laboratório de Inteligência Artificial, embora seu indulgente supervisor lhe permitisse conservar sua chave e continuar a usar os recursos do laboratório. O sistema operacional que Stallman decidiu desenvolver seria semelhante e compatível com o UNIX, que fora criado nos Laboratórios Bell em 1971 e era o padrão para a maioria das universidades e hackers. Com o humor sutil de codificador, Stallman criou um acrônimo recursivo para seu novo sistema operacional, GNU, que significava GNU's Not UNIX [GNU não é UNIX].

Na edição de março de 1985 do *Dr. Dobb's Journal*, uma publicação que surgiu do Homebrew Computer Club, e da *Popular Computer Company*, Stallman publicou um manifesto:

> Considero que, seguindo a Regra de Ouro, se eu gosto de um programa, devo compartilhá-lo com outras pessoas que gostam dele. Os vendedores de software querem dividir os usuários e conquistá-los, fazendo com que cada usuário concorde em não compartilhar com os outros. Eu me recuso a romper a solidariedade com os demais usuários dessa maneira [...]. Depois que o GNU estiver escrito, todo mundo poderá obter um bom sistema de software livre, tal como o ar.[123]

O movimento do software livre de Stallman foi mal batizado. Seu objetivo não era insistir que todos os softwares fossem gratuitos, mas que fossem livres de

quaisquer restrições. "Quando falamos de software 'livre' queremos dizer que ele respeita as liberdades essenciais dos usuários: a liberdade de executá-lo, estudá-lo e mudá-lo, e redistribuir cópias, com ou sem alterações", ele teve de explicar várias vezes. "Isso é uma questão de liberdade, não de preço, então pensem em 'expressão livre', não em 'cerveja grátis'."

Para Stallman, o movimento do software livre não era apenas uma forma de desenvolver programas produzidos por iguais: era um imperativo moral para fazer uma boa sociedade. Os princípios que promovia, explicou, eram "essenciais não apenas para os usuários individuais, mas para a sociedade como um todo, porque geram a solidariedade social, isto é, partilha e cooperação".[124]

Para consagrar e certificar seu credo, Stallman criou uma Licença Pública Geral do GNU e também o conceito, sugerido por um amigo, de "copyleft", que é o reverso da moeda da afirmação de um copyright. A essência da Licença Pública Geral, definiu Stallman, é que ela dá "a todos permissão para executar o programa, copiar o programa, modificar o programa e distribuir versões modificadas, mas não para acrescentar restrições".[125]

O próprio Stallman escreveu os primeiros componentes para o sistema operacional GNU, entre eles um editor de texto, um compilador e muitas outras ferramentas. Mas tornou-se cada vez mais claro que faltava um elemento-chave. "E o kernel?", perguntou a revista *Byte* em uma entrevista de 1986. Módulo central de um sistema operacional, o kernel [núcleo] gerencia as solicitações de programas e os transforma em instruções para a unidade central de processamento do computador. "Estou terminando o compilador antes de começar o trabalho no kernel", respondeu Stallman. "Também terei de reescrever o sistema de arquivos."[126]

Por vários motivos, ele achou difícil completar um kernel para o GNU. Então, em 1991, um kernel tornou-se disponível, vindo não de Stallman ou de sua Fundação do Software Livre, mas de uma fonte inesperada: um rapaz dentuço de 21 anos, com cara de menino, finlandês que falava sueco, da Universidade de Helsinque, chamado Linus Torvalds.

O pai de Linus Torvalds era membro do Partido Comunista e jornalista de televisão; sua mãe havia sido uma estudante radical e, depois, jornalista da imprensa escrita, mas quando criança em Helsinque ele se interessou mais por tecnologia do que por política.[127] Ele se descreveu como "bom em matemática, bom em física e sem nenhum traquejo social, e isso foi antes que considerassem ser nerd uma coisa boa".[128] Sobretudo na Finlândia.

Quando Torvalds tinha onze anos, seu avô, que era professor de estatística, deu-lhe um Commodore Vic 20 usado, um dos primeiros computadores pessoais. Usando BASIC, Torvalds começou a criar seus próprios programas, entre os quais um que divertia sua irmã mais nova ao escrever "Sara é o máximo" sem parar. "Uma das

maiores alegrias", disse ele, "foi saber que os computadores são como a matemática: você pode a fazer seu próprio mundo, com suas próprias regras."

Dando as costas à insistência do pai para que aprendesse a jogar basquete, Torvalds concentrou-se em aprender a criar programas em linguagem de máquina, com as instruções numéricas executadas direto pela unidade central de processamento de um computador, expondo-o à alegria de ser "íntimo da máquina". Mais tarde, sentiu-se felizardo por ter aprendido a linguagem assembly e a codificar máquinas em um dispositivo muito básico: "Os computadores eram, na verdade, melhores para crianças quando menos sofisticados, quando jovens CDFs como eu podiam mexer sob o capô".[129] Tal como motores de automóveis, os computadores acabariam ficando mais difíceis de desmontar e remontar.

Depois de se matricular na Universidade de Helsinque em 1988 e servir um ano no Exército finlandês, Torvalds comprou um clone da IBM com um processador Intel 386. Decepcionado com o MS-DOS, que Gates e companhia haviam produzido, ele decidiu que queria instalar o UNIX, do qual aprendera a gostar em mainframes da universidade. Mas o UNIX custava 5 mil dólares e não estava configurado para ser executado em um computador doméstico. Torvalds resolveu remediar isso.

Ele leu um livro sobre sistemas operacionais de Andrew Tanenbaum, um professor de ciência da computação de Amsterdam que havia criado o MINIX, um pequeno clone do UNIX para fins de ensino. Decidido a substituir o MS-DOS pelo MINIX em seu novo PC, Torvalds pagou a taxa de licença de 169 dólares ("Achei que era um abuso"), instalou os dezesseis disquetes e começou então a complementar e modificar o MINIX para atender a seus gostos.

O primeiro acréscimo de Torvalds foi um programa de emulação de terminal para que ele pudesse ter acesso ao mainframe da universidade. Ele escreveu o programa a partir do zero em linguagem assembly, "no nível puro do hardware", de modo que não precisou depender do MINIX. No final da primavera de 1991, dedicou-se a codificar bem no momento em que o sol reapareceu de sua hibernação. Todo mundo estava saindo para a rua, exceto ele. "Eu passava a maior parte do meu tempo vestido com um roupão de banho, debruçado sobre meu feio computador, com grossas persianas pretas me protegendo da luz do sol."

Depois que pôs a funcionar um emulador de terminal rudimentar, Torvalds quis poder fazer download e upload de arquivos, então construiu um driver de disco e um driver de sistema de arquivos. "Quando fiz isso, ficou claro que o projeto estava a caminho de se tornar um sistema operacional", lembrou. Em outras palavras, ele estava começando a construir um pacote de softwares que poderia servir de kernel de um sistema operacional como o UNIX. "Em um momento, estou no meu roupão puído mexendo num emulador de terminal com funções extras. No momento seguinte, percebo que ele está acumulando tantas funções que se transformou em um novo sistema operacional em construção." Torvalds descobriu as centenas de "chamadas de sistema" que o UNIX podia fazer para que o computador executasse

operações básicas, como abrir e fechar, ler e escrever, e depois escreveu programas para implementá-los à sua própria maneira. Ainda morava no apartamento da mãe e brigava com frequência com a irmã Sara, que tinha uma vida social normal, porque seu modem monopolizava a linha de telefone. "Ninguém podia nos telefonar", ela reclamou.[130]

De início, Torvalds planejou batizar seu novo software de "Freax", para evocar "*free*", "*freaks*" e "UNIX". Mas a pessoa que dirigia o site FTP que ele estava usando não gostou do nome, então Torvalds resolveu chamá-lo de "Linux", que pronunciava da mesma maneira que seu primeiro nome, "Li-nucs".[131] "Eu nunca quis usar esse nome porque, bem, achava que era meio pretensioso", disse ele. Mas mais tarde Torvalds admitiu que havia uma parte de seu ego que gostava de ser aclamada depois de tantos anos vivendo no corpo de um nerd recluso, e ele estava feliz por ter aprovado o nome.[132]

No início do outono de 1991, quando o sol de Helsinque começou a desaparecer de novo, Torvalds apareceu com o shell de seu sistema, que continha 10 mil linhas de código.[e] Em vez de tentar comercializar o que havia produzido, ele decidiu simplesmente oferecê-lo ao público. Pouco tempo antes, fora com um amigo assistir a uma palestra de Stallman, que se tornara um pregador itinerante mundial da doutrina do software livre. Na realidade, Torvalds não adotou a religião nem abraçou o dogma: "É provável que aquilo não tenha causado um impacto enorme na minha vida naquele momento. Eu estava interessado em tecnologia, não em política — eu tinha política suficiente em casa".[133] Mas ele viu as vantagens práticas da abordagem aberta. Quase por instinto, e não como escolha filosófica, achou que o Linux deveria ser compartilhado livremente, com a esperança de que quem o usasse pudesse ajudar a aperfeiçoá-lo.

Em 5 de outubro de 1991, Torvalds postou uma mensagem atrevida no grupo de discussão do MINIX. "Vocês anseiam pelos belos dias do minix-1.1, quando os homens eram homens e escreviam seus próprios drivers de dispositivos?", perguntou. "Estou trabalhando numa versão livre de um sósia do minix para computadores AT-386. Ele enfim atingiu o estágio em que é utilizável (embora talvez não seja, dependendo do que você quer), e estou disposto a divulgar os códigos-fonte para distribuição mais ampla."[134]

"Não foi uma grande decisão postar isso", lembrou. "Era como eu estava acostumado a intercambiar programas." No mundo da informática, havia (e ainda há) uma forte cultura de compartilhamento, em que as pessoas mandam voluntariamente alguns dólares a alguém cujo programa baixaram. "Eu recebia e-mails de gente me perguntando se eu gostaria que me enviassem trinta dólares ou algo assim", disse Torvalds. Ele havia acumulado 5 mil dólares em empréstimos estudantis e ainda estava pagando cinquenta por mês da prestação de seu computador. Mas em vez de buscar doações, ele pediu cartões-postais, e eles começaram a chegar de pessoas de todo o mundo que estavam usando Linux. "Sara costumava pegar a correspondência, e

de repente ficou impressionada com o fato de seu agressivo irmão mais velho receber notícias de novos amigos tão longínquos", relembrou Torvalds. "Foi o primeiro indício que ela teve de que eu estava fazendo alguma coisa potencialmente útil durante aquelas horas todas em que monopolizava a linha telefônica."

A decisão de Torvalds de rejeitar pagamentos vinha de um conjunto de razões, como ele explicou mais tarde, entre elas o desejo de viver de acordo com o legado de sua família:

> Achei que estava seguindo os passos de séculos de cientistas e outros acadêmicos que construíram suas obras sobre as fundações de outros [...]. Eu também queria feedback (tudo bem, e elogios). Não fazia sentido cobrar daqueles que poderiam potencialmente ajudar a aperfeiçoar meu trabalho. Imagino que teria uma postura diferente se não tivesse sido criado na Finlândia, onde qualquer pessoa que exiba o menor sinal de ganância é vista com desconfiança, se não inveja. E sim, eu, sem dúvida, teria tratado a coisa toda do dinheiro de forma muito diferente se não tivesse sido criado sob a influência de um avô acadêmico obstinado e um pai comunista obstinado.

"A ganância nunca é boa", declarou Torvalds. Sua postura ajudou a transformá-lo num herói popular, adequado para veneração em conferências e em capas de revistas como o anti-Gates. Ele tinha suficiente conhecimento de si mesmo para saber que apreciava essa aclamação e que isso o deixava um pouco mais ególatra do que seus admiradores se davam conta. "Nunca fui o filho natural da tecnologia altruísta e sem ego que a imprensa insiste que sou", admitiu.[135]

Torvalds decidiu usar a Licença Pública Geral do GNU não porque concordasse totalmente com a ideologia de compartilhamento livre de Stallman (e também de seus pais), mas porque achava que deixar os hackers do mundo todo pôr as mãos no código-fonte levaria a um esforço colaborativo aberto que resultaria num software mais impressionante. "Meus motivos para abrir o Linux eram bem egoístas", disse ele. "Eu não queria a dor de cabeça de tentar lidar com partes do sistema operacional que considerava trabalho besta. Eu queria ajuda."[136]

Seu instinto estava certo. A liberação do kernel de seu Linux levou a um tsunami de colaboração voluntária que se tornou o modelo de produção compartilhada que impulsionou a inovação da era digital.[137] No outono de 1992, um ano após seu lançamento, o grupo de discussão do Linux na internet já tinha dezenas de milhares de usuários. Colaboradores desprendidos adicionaram melhorias, como uma interface gráfica semelhante à do Windows e ferramentas para facilitar a criação de redes de computadores. Sempre que havia um bug, alguém em algum lugar entrava em cena para corrigi-lo. Em seu livro *A catedral e o bazar*, Eric Raymond, um dos teóricos

importantes do movimento do software livre, propôs o que chamou de "Lei de Linus": "Havendo olhos suficientes, todos os bugs são rasos".[138]

O compartilhamento entre pares e a colaboração baseada na comunidade não eram nada de novo. Um campo inteiro da biologia evolutiva surgiu em torno da questão de por que os seres humanos e os membros de algumas outras espécies cooperam de uma forma que parece ser altruísta. A tradição de criar associações voluntárias, encontrada em todas as sociedades, foi especialmente forte nos primórdios dos Estados Unidos, evidenciada em empreendimentos cooperativos que variavam de mulheres que se reuniam para fazer colchas à construção de celeiros. "Em nenhum país do mundo o princípio de associação foi utilizado com mais sucesso ou aplicado com mais generosidade a uma grande variedade de objetos diferentes do que nos Estados Unidos", escreveu Alexis de Tocqueville.[139] Benjamin Franklin, em sua *Autobiografia*, propôs todo um credo cívico, com o lema "Verter benefícios para o bem comum é divino", a fim de explicar sua formação de associações de voluntários para criar hospital, milícia, corpo de varredores de rua, brigada de incêndio, biblioteca itinerante, guarda noturna e muitos outros empreendimentos comunitários.

O corpo de hackers que cresceu em torno do GNU e do Linux mostrou que os incentivos emocionais, além das recompensas financeiras, podem estimular a colaboração voluntária. "O dinheiro não é o maior dos motivadores", disse Torvalds. "As pessoas fazem seu melhor trabalho quando são movidas pela paixão. Quando estão se divertindo. Isso é tão verdadeiro para dramaturgos, escultores e empresários quanto para engenheiros de software." Há também, intencional ou não, algum interesse próprio envolvido.

> Os hackers também são motivados, em grande parte, pelo respeito que podem ganhar aos olhos de seus pares ao dar contribuições sólidas [...]. Todo mundo quer impressionar seus pares, melhorar sua reputação, elevar seu status social. O desenvolvimento de códigos abertos dá aos programadores essa chance.

A "Carta aberta aos hobbistas" de Gates, reclamando da partilha não autorizada do Microsoft BASIC, perguntava em tom de repreensão: "Quem pode se dar ao luxo de ser profissional trabalhando de graça?". Torvalds achava que isso era um ponto de vista bizarro. Ele e Gates vinham de duas culturas muito diferentes, o mundo acadêmico radical tingido de comunista de Helsinque em contraste com a elite empresarial de Seattle. Gates pode ter acabado com a casa maior, mas Torvalds colheu a adulação do antiestablishment. "Os jornalistas pareciam adorar o fato de que, enquanto Gates vivia em uma mansão high-tech à beira do lago, eu tropeçava nos

brinquedos da minha filha em uma casa de fazenda de três quartos com encanamento ruim na entediante Santa Clara", disse ele, com autoconsciência irônica. "E que eu dirigia um Pontiac chato. E atendia eu mesmo meu telefone. *Quem* não me adoraria?"

Torvalds foi capaz de dominar a arte da era digital de ser um líder aceito dentro de uma colaboração não hierárquica, imensa, descentralizada, algo que Jimmy Wales estava fazendo mais ou menos na mesma época na Wikipedia. A primeira regra para esse tipo de situação é tomar decisões como um engenheiro, com base no mérito técnico, em vez de em considerações pessoais. "Era um modo de fazer as pessoas confiarem em mim", ele explicou. "Quando confiam em você, aceitam seu conselho." Ele também percebeu que os líderes de uma colaboração voluntária precisam estimular outros a seguir suas paixões, sem lhes dar ordens. "A melhor e mais eficaz maneira de liderar é deixar que as pessoas façam coisas porque *querem* fazê-las, e não porque você quer que elas façam." Tal líder sabe capacitar grupos para que se organizem por si mesmos. Quando isso é bem-feito, é natural que surja uma estrutura de governança por consenso, como aconteceu tanto com o Linux quanto com a Wikipedia. "O que surpreende muita gente é que o modelo de código aberto funciona de fato", disse Torvalds. "As pessoas sabem quem foi ativo e em quem podem confiar, e a coisa simplesmente acontece. Sem votação. Sem ordens. Sem recontagens."[140]

A combinação do GNU com o Linux representava, pelo menos no conceito, o triunfo da cruzada de Richard Stallman. Mas é raro que os profetas morais se entreguem a celebrações de vitória. Stallman era um purista. Torvalds, não. O kernel do Linux que ele enfim distribuiu continha alguns pingos binários com recursos registrados. Isso podia ser remediado; com efeito, a Fundação do Software Livre de Stallman criou uma versão que era completamente livre e sem dono. Mas havia uma questão mais profunda e emocional para Stallman. Ele reclamava que chamar o sistema operacional de "Linux", o que quase todo mundo fazia, era enganoso. Linux era o nome do kernel. O sistema como um todo deveria ser chamado de GNU/Linux, ele insistia, às vezes com raiva. Uma pessoa que estava em uma feira de software contou como Stallman reagiu quando um nervoso garoto de catorze anos lhe perguntou sobre o Linux. "Você arrasou com o menino, chamou-o de babaca, e eu vi o rosto dele se fechar e a devoção dele por você e nossa causa ir para o lixo", o espectador o censurou depois.[141]

Stallman também insistia que o objetivo deveria ser criar o que chamava de *software livre*, uma expressão que refletia um imperativo moral de compartilhar. Ele se opôs à expressão que Torvalds e Eric Raymond começaram a usar, *software de código aberto*, que enfatizava o objetivo pragmático de levar as pessoas a colaborar para a criação de softwares de forma mais eficaz. Na prática, a maior parte dos softwares livres é também de código aberto e vice-versa; em geral, são reunidos sob a rubrica

de *software livre e de código aberto*. Porém para Stallman não importava apenas como você fazia seu software, mas também suas motivações. Caso contrário, o movimento poderia ser suscetível a concessões e corrupção.

As disputas foram além da mera substância e tornaram-se, sob alguns aspectos, ideológicas. Stallman estava possuído por uma clareza moral e uma aura inflexível, e lamentou que "quem encoraja o idealismo hoje enfrenta um grande obstáculo: a ideologia dominante incentiva as pessoas a depreciar o idealismo por ser 'impraticável'".[142] Torvalds, ao contrário, era descaradamente prático, como um engenheiro. "Eu liderei os pragmáticos", disse. "Sempre achei que os idealistas são interessantes, mas meio chatos e assustadores."[143]

Torvalds admitiu "não ser exatamente um grande fã" de Stallman, explicando:

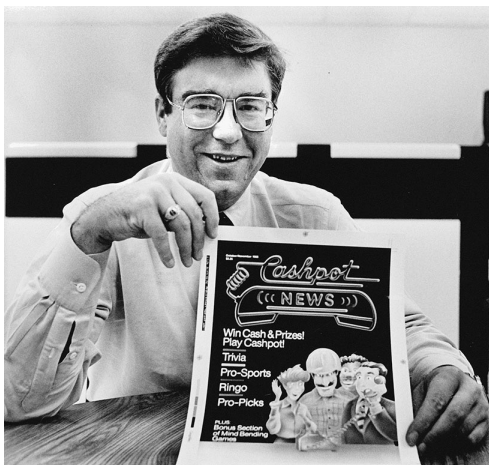
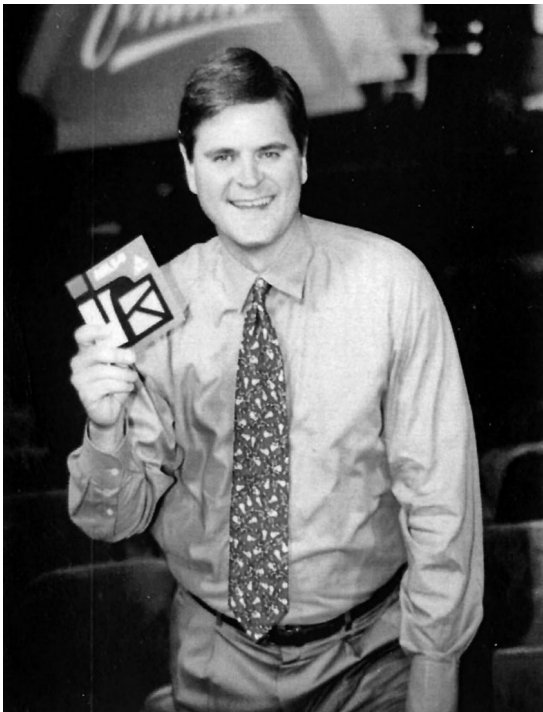
> Não gosto de gente obcecada por uma única questão, nem acho que as pessoas que veem o mundo em preto e branco sejam muito simpáticas ou, em última análise, muito úteis. O fato é que não existem apenas dois lados em qualquer questão, há quase sempre um intervalo ou várias respostas, e "depende" é quase sempre a resposta certa em qualquer grande pergunta.[144]

Ele também acreditava que deveria ser permitido ganhar dinheiro com softwares de código aberto. "Código aberto significa deixar todo mundo jogar. Por que excluir as empresas, que promovem tanto o avanço tecnológico da sociedade?"[145] Os softwares podem querer ser livres, mas as pessoas que os escrevem podem querer alimentar seus filhos e pagar suas hipotecas.

Essas disputas não devem ofuscar a espantosa realização de Stallman, Torvalds e de seus milhares de colaboradores. A combinação de GNU e Linux criou um sistema operacional que é usado em todo o mundo e foi portado para mais plataformas de hardware, que vão desde os dez maiores supercomputadores do mundo aos sistemas embutidos em telefones celulares, do que qualquer outro sistema operacional. "O Linux é subversivo", escreveu Eric Raymond. "Quem pensaria que um sistema operacional de alta classe poderia surgir como que por magia do trabalho em tempo parcial de milhares de colaboradores espalhados por todo o planeta, conectados apenas pelos tênues fios da internet?"[146] Ele não se tornou apenas um ótimo sistema operacional, mas um modelo para a produção de bens comuns por pares em outras áreas, do navegador Firefox, da Mozilla, ao conteúdo da Wikipedia.

Na década de 1990, já havia muitos modelos de desenvolvimento de software. Havia a abordagem da Apple, em que o hardware e o software do sistema operacional estavam bem amarrados, como no Macintosh, no iPhone e em todos os outros produtos da empresa. O resultado era uma experiência de usuário contínua. Havia a

abordagem da Microsoft, em que o sistema operacional estava separado do hardware. Isso possibilitava mais opções ao usuário. Além disso, havia as abordagens livre e de código aberto, que permitiam que o software fosse completamente irrestrito e modificável por qualquer usuário. Cada modelo tinha suas vantagens, cada um tinha seus incentivos para a criatividade, e cada um tinha seus profetas e discípulos. Mas a abordagem que funcionava melhor era ter todos os três modelos em coexistência, junto com várias combinações de aberto e fechado, empacotado e desagregado, registrado e livre. Windows e Mac, UNIX e GNU, Linux e OS X, iOS e Android: várias abordagens competiram por décadas, estimulando-se umas às outras — e proporcionando um controle que impediu que qualquer modelo se tornasse dominante a ponto de sufocar a inovação.

Larry Brilliant (1944-) e Stewart Brand na casa flutuante de Brand, 2010.

William von Meister (1942-95).

Steve Case (1958-).

a Depois que fizeram sucesso, Gates e Allen doaram um novo prédio de ciências para a escola Lakeside e deram ao auditório o nome de Kent Evans.
b A relutância de Steve Wozniak em executar essa tediosa tarefa quando escreveu o BASIC para o Apple II mais tarde forçaria a Apple a ter de licenciar o BASIC de Allen e Gates.
c Ao ler um rascunho deste livro on-line, Steve Wozniak disse que Dan Sokol tirou apenas oito cópias, porque era difícil, e levava tempo, consegui-las. Mas John Markoff, que noticiou o incidente em *What the Dormouse Said*, dividiu comigo (e com Woz e Felsenstein) a transcrição de sua entrevista com Dan Sokol, que afirmou ter usado um PDP-11 com uma leitora e perfuradora de fita de alta velocidade. Todas as noites tirava cópias, e calculou que no total deve ter tirado 75.
d Os advogados tinham motivos para preocupação. Mais tarde, a Microsoft se envolveu em um prolongado processo antitruste aberto pelo Departamento de Justiça, que a acusou de haver aproveitado indevidamente seu domínio do mercado de sistemas operacionais para buscar vantagem em navegadores e outros produtos. O caso foi enfim resolvido depois que a Microsoft concordou em modificar algumas de suas práticas.
e Em 2009, a versão Debian 5.0 do GNU/Linux já tinha 324 milhões de linhas de código-fonte e um estudo estimou que teria custado cerca de 8 bilhões de dólares para desenvolvê-lo por meios convencionais (http://gsyc.es/~frivas/paper.pdf).

10. On-line

A internet e o computador pessoal nasceram ambos na década de 1970, mas cresceram separados um do outro. Isso era estranho, e mais ainda quando continuaram a se desenvolver em trilhas separadas por mais de uma década. Com efeito, havia alguma disjunção entre aqueles que abraçaram as alegrias do trabalho em rede e os que ficaram tontos com a ideia de um computador pessoal só deles. Ao contrário dos utopistas do projeto Community Memory que adoravam formar *bulletin boards* e comunidades virtuais, muitos dos primeiros fãs dos computadores pessoais queriam mergulhar e fuçar em suas próprias máquinas, pelo menos no início.

Havia também uma razão mais concreta para que os computadores pessoais surgissem desconectados da ascensão das redes. A Arpanet da década de 1970 não estava aberta às pessoas comuns. Em 1981, na Universidade de Wisconsin, Lawrence Landweber reuniu um consórcio de universidades que não estavam conectadas à Arpanet para criar outra rede baseada em protocolos TCP/IP, chamada CSNET. "Na época, o trabalho em rede estava disponível apenas para uma pequena fração da comunidade de pesquisa de informática americana", disse ele.[1] A CSNET tornou-se a precursora de uma rede financiada pela Fundação Nacional das Ciências, a NSFNET. Todavia, mesmo depois de tudo isso ter sido reunido na internet, no início dos anos

1980, era difícil para uma pessoa comum com um computador pessoal em casa conseguir acesso. Em geral, era preciso ser filiado a uma instituição universitária ou de pesquisa para se conectar.

Assim, por quase quinze anos, a partir do início da década de 1970, o crescimento da internet e o boom dos computadores domésticos ocorreram em paralelo. Eles só se entrelaçaram no final dos anos 1980, quando se tornou possível para as pessoas comuns, em casa ou no escritório, discar e entrar on-line. Isso daria início a uma nova fase da Revolução Digital, aquela que concretizaria a visão de Bush, Licklider e Engelbart de que os computadores aumentariam a inteligência humana por serem ferramentas tanto para a criatividade pessoal como para a colaboração.

E-MAIL E BULLETIN BOARDS

"A rua encontra seus próprios usos para as coisas", escreveu William Gibson em "Burning Chrome", seu conto cyberpunk de 1982. E assim, os pesquisadores que tiveram acesso à Arpanet encontraram uso próprio para ela. Devia ser uma rede para compartilhar recursos de informática. Nisso, foi um fracasso modesto. Em vez disso, como muitas tecnologias, ela disparou para o sucesso ao se tornar um meio de comunicação e de rede de contatos sociais. Uma verdade sobre a era digital é que o desejo de se comunicar, conectar, colaborar e formar comunidades tende a criar aplicativos matadores, os chamados *killer apps*. E, em 1972, a Arpanet teve o seu primeiro. Foi o e-mail.

O correio eletrônico já era utilizado por pesquisadores que usavam o mesmo computador em regime de partilha. Um programa chamado SNDMSG permitia que o usuário de um computador central grande enviasse uma mensagem para a pasta pessoal de outro usuário que estava compartilhando o mesmo computador. No final de 1971, Ray Tomlinson, um engenheiro do MIT que trabalhava na BBN, decidiu fazer com que essas mensagens fossem enviadas para pastas em outros mainframes. Ele fez isso combinando o SNDMSG com um programa experimental de transferência de arquivos chamado CPYNET, capaz de trocar arquivos entre computadores distantes pela Arpanet. Depois, inventou uma coisa ainda mais engenhosa: a fim de instruir uma mensagem a ir para a pasta de arquivo de um usuário em um site diferente, ele usou o símbolo @ de seu teclado para criar o sistema de endereçamento que todos nós usamos agora, nomedousuário@nomedoservidor. Desse modo, Tomlinson não só criou o e-mail como também o símbolo icônico do mundo conectado.[2]

A Arpanet possibilitava que pesquisadores de um centro tivessem acesso aos recursos de computação de outro lugar, mas isso quase nunca acontecia. Em vez disso, o e-mail tornou-se o principal método de colaboração. O diretor da Arpa, Stephen Lukasik, tornou-se um dos primeiros viciados em e-mail, fazendo com que todos os

pesquisadores que precisavam tratar com ele seguissem seu exemplo. Em 1973, ele encomendou um estudo que concluiu que, em menos de dois anos depois de ser inventado, o e-mail era responsável por 75% do tráfego na Arpanet. “A maior surpresa do programa Arpanet foi a popularidade e o sucesso incrível do correio pela rede”, concluiu um relatório da BBN poucos anos depois. Não deveria ter sido uma surpresa. O desejo de entrar em rede social não impulsiona as inovações apenas, ele as coopta.

O e-mail fez mais do que facilitar a troca de mensagens entre dois usuários de computador: levou à criação de comunidades virtuais, aquelas que, como Licklider e Taylor previram em 1968, eram “selecionadas mais por comunhão de interesses e objetivos do que por acidentes de proximidade”.

As primeiras comunidades virtuais começaram com correntes de e-mails que eram distribuídas a grandes grupos de assinantes selecionados por eles mesmos. Ficaram conhecidas como *mailing lists*. A primeira lista importante, em 1975, foi a SF-Lovers, para fãs de ficção científica. De início, os gestores da Arpa quiseram fechá-la, por medo de que algum senador pudesse não achar graça no uso de dinheiro das Forças Armadas para apoiar um ponto de encontro virtual de ficção científica, mas os moderadores do grupo argumentaram, com bons resultados, que se tratava de um exercício de treinamento valioso para administrar grandes trocas de informações.

Logo surgiram outros métodos de formação de comunidades on-line. Alguns utilizavam a espinha dorsal da internet; outros eram mais precários. Em fevereiro de 1978, dois membros da Central de Hobbistas de Informática da Área de Chicago, Ward Christensen e Randy Suess, viram-se cercados por uma enorme tempestade de neve. Eles passaram o tempo desenvolvendo o primeiro Bulletin Board System (BBS) eletrônico, que possibilitava que hackers, hobbistas e autonomeados “sysops” (operadores de sistema) montassem seus próprios fóruns on-line e oferecessem arquivos, softwares piratas, informações e postagem de mensagens. Qualquer um que tivesse um jeito de entrar on-line poderia participar. No ano seguinte, estudantes da Universidade Duke e da Universidade da Carolina do Norte, que ainda não estavam conectados à internet, criaram outro sistema, hospedado em computadores pessoais, que contava com fóruns de discussão mensagem-e-resposta conectados. Ficou conhecido como “Usenet”, e as categorias de postagens nele eram chamadas de *newsgroups* (fóruns ou grupos de discussão). Em 1984, já havia perto de mil terminais de Usenet em faculdades e institutos de todo o país.

Mesmo com esses novos *bulletin boards* e *newsgroups*, não era fácil para a maioria dos donos de computadores pessoais participar de comunidades virtuais. Os usuários precisavam de um jeito para se conectar, algo difícil a partir de casa ou mesmo de muitos escritórios. Mas então, no início da década de 1980, apareceu uma inovação, em parte tecnológica e em parte legal, que parecia pouco significativa, mas teve um impacto enorme.

MODEMS

O pequeno dispositivo que afinal criou uma conexão entre computadores pessoais e redes globais chamava-se modem. Ele podia modular e desmodular (daí o nome) um sinal analógico, tal como o transportado por um circuito telefônico, a fim de transmitir e receber informação digital. Desse modo, possibilitava que pessoas comuns conectassem seus computadores a outros on-line usando linhas telefônicas. A revolução on-line pôde então começar.

Ela demorou a chegar porque a AT&T tinha um quase monopólio do sistema de telefonia do país e controlava até o equipamento que se podia usar em casa. Não era permitido ligar nada à linha de telefone, nem mesmo ao aparelho telefônico, a menos que Ma Bell alugasse ou aprovasse. Embora a AT&T oferecesse alguns modems na década de 1950, eles eram desajeitados, caros e projetados sobretudo para uso industrial ou militar, em vez de serem propícios para hobbistas caseiros na criação de comunidades virtuais.

Então aconteceu o caso do *Hush-A-Phone*. Tratava-se de um simples bocal de plástico que podia ser encaixado num telefone para amplificar a voz ao mesmo tempo que tornava mais difícil para pessoas próximas ouvir o que se dizia. Esse dispositivo já existia havia vinte anos, sem causar danos, mas então um advogado da AT&T viu um deles numa vitrine e a companhia decidiu entrar com um processo, sob a alegação absurda de que qualquer dispositivo externo, inclusive um pequeno cone de plástico, podia danificar sua rede. Isso mostrava até onde ela iria para proteger seu monopólio.

Por sorte, o tiro da AT&T saiu pela culatra. Um tribunal federal de apelações rejeitou o pedido da companhia, e as barreiras para plugar-se em sua rede começaram a desmoronar. Ainda era ilegal conectar eletronicamente um modem no sistema telefônico, mas era possível fazê-lo de forma mecânica, pondo o aparelho nas ventosas de um acoplador acústico. No início da década de 1970, havia alguns modems desse tipo, como o Pennywhistle, projetado para os hobbistas por Lee Felsenstein, capaz de enviar e receber sinais digitais a trezentos bits por segundo.[a]

O próximo passo aconteceu quando um caubói teimoso do Texas, depois de uma batalha legal de doze anos que financiou com a venda de seu gado, ganhou para seus clientes o direito de usar uma extensão telefônica habilitada por rádio que ele havia inventado. Demorou alguns anos para que todos os regulamentos fossem definidos, mas por volta de 1975 a Comissão Federal de Comunicações abriu o caminho para que os consumidores conectassem dispositivos eletrônicos na rede.

As regras eram rigorosas devido ao lobby da AT&T, e os modems eletrônicos no início eram caros. Mas em 1981 o Hayes Smartmodem chegou ao mercado. Ele podia ser plugado diretamente numa linha telefônica e conectado a um computador, sem a necessidade de um acoplador acústico desajeitado. Hobbistas e cyberpunks pioneiros, bem como usuários de computadores domésticos comuns, podiam digitar o

número de telefone de um provedor de serviços on-line, segurar a respiração enquanto aguardavam o guincho de estática que indicava que uma conexão de dados estava feita e, em seguida, acessar as comunidades virtuais que se formaram em torno de *bulletin boards*, grupos de discussão, *mailing lists* e outros pontos de encontro on-line.

THE WELL

Em quase todas as décadas da Revolução Digital, o bem-humorado e engraçado Stewart Brand encontrou uma forma de estar no lugar onde a tecnologia convivia com comunidade e contracultura. Ele produziu um show tecnopsicodélico no Trips Festival de Ken Kesey, escreveu reportagens sobre o *Spacewar* e o Xerox PARC para a *Rolling Stone*, ajudou e incentivou a realização da Mãe de Todas as Demonstrações de Doug Engelbart e fundou o *Whole Earth Catalog*. Assim, no outono de 1984, quando os modems começavam a se tornar disponíveis com facilidade e a utilização dos computadores pessoais se tornava mais simples, não surpreende que Brand tenha ajudado a idealizar a comunidade on-line prototípica, The WELL.

Tudo começou quando Brand foi visitado por outro dos militantes brincalhões e criativos da tecnocontracultura idealista, Larry Brilliant. Médico epidemiologista, Brilliant tinha uma compulsão para mudar o mundo e se divertir ao fazê-lo. Serviu como médico em uma ocupação de Alcatraz por indígenas americanos, buscou a iluminação num *ashram* do Himalaia com o famoso guru Neem Karoli Baba (onde cruzou pela primeira vez com Steve Jobs), alistou-se na campanha da Organização Mundial de Saúde para eliminar a varíola e, com o apoio de Jobs e dos luminares da contracultura Ram Dass e Wavy Gravy, criou a Fundação Seva, voltada para a cura de cegueira em comunidades pobres do mundo.

Quando um dos helicópteros utilizados pela Fundação Seva no Nepal teve problemas mecânicos, Brilliant utilizou um sistema de conferência por computador e um Apple II que Jobs havia doado para organizar uma missão de reparo on-line. O poder potencial dos grupos de discussão on-line o impressionou. Quando foi lecionar na Universidade de Michigan, ajudou a fundar uma empresa em torno de um sistema de conferência por computador que havia sido criado na rede da universidade. Conhecido como PicoSpan, ele permitia aos usuários postar comentários sobre diferentes temas e amarrá-los em tópicos para que todos pudessem ler. O idealismo, o tecnoutopismo e o empreendedorismo de Brilliant corriam juntos. Ele usou o sistema de conferência para levar conhecimentos médicos a aldeias asiáticas e organizar missões quando alguma coisa dava errado.

Por ocasião de uma conferência em San Diego, Brilliant convidou seu velho amigo Stewart Brand para almoçar. Eles se encontraram em um restaurante à beira-

mar, perto de onde Brand planejava passar o dia nadando nu. Brilliant tinha dois objetivos interligados: popularizar o software de conferência PicoSpan e criar uma comunidade intelectual on-line. Ele propôs a Brand uma sociedade em que entraria com um capital de 200 mil dólares, compraria um computador e forneceria o software. "Stewart gerenciaria então o sistema e o ampliaria através de sua rede de pessoas inteligentes e interessantes", explicou Brilliant.[3] "Minha ideia era usar essa nova tecnologia como forma de discutir tudo no *Whole Earth Catalog*. Pode haver uma rede social em torno de canivetes suíços, estufas solares ou qualquer outra coisa."[4]

Brand transformou a ideia em algo mais grandioso: a criação da comunidade on-line mais estimulante do mundo, onde fosse possível discutir qualquer coisa que se quisesse. "Vamos ter uma conversa e encontrar as pessoas mais inteligentes do mundo", ele sugeriu, "e deixá-las descobrir sobre o que querem falar."[5] Brand sugeriu um nome, The WELL, e inventou um acrônimo para ele: Whole Earth 'Lectronic Link [Ligação Eletrônica de Toda a Terra]. Mais tarde, explicou que "sempre vale a pena" ter um apóstrofo brincalhão no nome.[6]

Brand defendia o conceito, abandonado por muitas comunidades virtuais posteriores, de que era fundamental fazer de The WELL um serviço seminal. Os participantes não poderiam ser de todo anônimos; poderiam usar um apelido ou pseudônimo, mas teriam de fornecer seu nome verdadeiro quando entrassem, e outros membros poderiam saber quem eles eram. O credo de Brand, que aparecia na tela de abertura, era: "Você é dono de suas próprias palavras". Você era responsável pelo que postava.

Tal como a própria internet, The WELL tornou-se um sistema desenhado por seus usuários. Em 1987, os temas de seus fóruns on-line, conhecidos como conferências, variaram de Grateful Dead (o mais popular) a programação em UNIX, de arte a criação de filhos, de alienígenas a design de software. Havia um mínimo de hierarquia ou controle, então o sistema evoluiu de forma colaborativa. Isso fez dele tanto uma experiência viciante como um experimento social fascinante. Livros inteiros foram escritos sobre The WELL, entre eles os dos influentes cronistas da tecnologia Howard Rheingold e Katie Hafner. "O simples fato de estar em The WELL, de conversar com pessoas com quem você talvez nem pensasse em fazer amizade em outro contexto, era o que seduzia nessa comunidade", escreveu Hafner.[7] Em seu livro, Rheingold, explicou:

> É como ter o bar da esquina, com velhos amigos e deliciosos recém-chegados, e novas ferramentas à espera para levar para casa, e grafites e letras novas, exceto que, em vez de vestir meu casaco, desligar o computador e caminhar até a esquina, apenas invoco meu programa de telecom e lá estão eles.[8]

Quando percebeu que a filha de dois anos estava com um carrapato na cabeça,

Rheingold descobriu como tratá-la com um médico contatado através de The WELL antes mesmo de seu próprio médico telefonar de volta.

As conversas on-line podiam ser tensas. Um líder de discussão chamado Tom Mandel, que se tornou um personagem central do livro de Hafner e também ajudou a mim e meus colegas da *Time* a gerir nossos fóruns on-line, vivia se envolvendo em discussões ferozes, conhecidas como *flame wars* [guerras incendiárias], com outros membros. "Eu expressava opiniões sobre tudo", relembrou. "Iniciei uma altercação que arrastou metade do ciberespaço da Costa Oeste para uma briga eletrônica e fui banido da comunidade."[9] Mas quando Mandel revelou que estava morrendo de câncer, eles se congregaram emocionalmente em torno dele. "Estou triste, muito, muito triste, não tenho palavras para dizer como estou triste e pesaroso por não poder ficar para brincar e discutir com vocês por muito mais tempo", ele escreveu em um de seus últimos posts.[10]

The WELL era um modelo do tipo de comunidade íntima e atenciosa que a internet oferecia. Ele ainda é, depois de três décadas, uma comunidade unida, mas há muito tempo foi superado em popularidade por serviços on-line mais comerciais e, a seguir, por espaços de discussão menos comunais. O recuo generalizado ao anonimato on-line detonou o credo de Brand de que as pessoas devem ser responsáveis pelo que dizem, tornando muitos comentários on-line menos atenciosos e as discussões, menos íntimas. Como a internet passa por ciclos diferentes — foi uma plataforma para compartilhamento de tempo, comunidade, publicação, blogs e redes sociais —, pode chegar um momento em que o anseio natural que os seres humanos têm por forjar comunidades confiáveis, semelhante a bares de esquina, venha a se reafirmar, e The WELL ou startups que replicam seu espírito se tornem a próxima inovação quente. Às vezes, a inovação consiste em recuperar o que foi perdido.

AMERICA ONLINE

William Ferdinand von Meister foi um dos primeiros exemplos dos novos desbravadores que impulsionariam a inovação digital a partir do final dos anos 1970. Como Ed Roberts, do Altair, Von Meister era um irrequieto empreendedor. Alimentada pela proliferação de capitalistas de risco, essa raça de inovadores lançava ideias como faíscas, obtinha uma descarga de adrenalina ao se arriscar e anunciava novas tecnologias com o fervor de pregadores. Von Meister era ao mesmo tempo um exemplo e uma caricatura. Ao contrário de Noyce, Gates e Jobs, ele não se dedicava a construir empresas, mas a lançá-las e ver onde elas pousavam. Em vez de ter medo do fracasso, sentia-se motivado por ele, e esse tipo de gente fez do perdão pela derrota uma característica da era da internet. Trapaceiro magnífico, abriu nove empresas em dez anos, a maioria das quais faliu ou o ejetou. Mas, através de seus fracassos em série, ele ajudou a definir o arquétipo do empresário de internet e, no

processo, inventou o negócio on-line.[11]

A mãe de Von Meister era uma condessa austríaca e seu pai, afilhado do kaiser Guilherme II, dirigiu a divisão americana da empresa alemã Zeppelin, que operou o *Hindenburg* até sua explosão, em 1937; depois dirigiu uma divisão de uma empresa de produtos químicos, até ser indiciado por fraude. O jovem Bill, nascido em 1942, herdou o estilo do pai e parecia empenhado em corresponder a seus fracassos em extravagância, se não em gravidade. Ele cresceu numa mansão de tijolos caiados conhecida como Blue Chimneys, numa propriedade de onze hectares em Nova Jersey, e adorava escapar para o sótão a fim de usar seu equipamento de radioamadorismo e construir engenhocas eletrônicas. Entre os dispositivos que criou estava um transmissor de rádio que o pai mantinha no carro e usava para avisar quando estava chegando em casa do trabalho, a fim de que o pessoal da casa preparasse seu chá.

Depois de uma carreira acadêmica inconstante que consistiu em entrar e sair de escolas superiores de Washington, D. C., Von Meister ingressou na Western Union. Ganhou dinheiro com uma série de empreendimentos paralelos, entre eles a recuperação de alguns dos equipamentos descartados pela empresa. Depois, lançou um serviço que permitia às pessoas ditar cartas importantes a *call centers* para entrega durante a noite. Foi um sucesso, mas, numa situação que se tornou um padrão, forçaram Von Meister a sair do negócio por gastar sem controle e não dar atenção às operações.[b]

Von Meister fazia parte da espécie original de empresários de mídia — pensemos em Ted Turner, em vez de em Mark Zuckerberg — que levavam vidas extravagantes e misturavam loucura com astúcia de tal modo que elas se tornavam quase indistinguíveis. Tinha uma queda por mulheres chamativas e bons vinhos tintos, carros de corrida e aviões particulares, puro malte escocês e charutos contrabandeados. “Bill von Meister não era apenas um empreendedor serial, era um empresário patológico”, segundo Michael Schrage, que fazia sua cobertura para o *Washington Post*. “Vistas em retrospecto, as ideias de Bill von Meister, de modo geral, não são idiotas. Mas naquele momento pareciam bizarras. O grande risco é que ele era tão doido que sua doidice se confundia com a ideia, porque estavam muito interligadas.”[12]

Von Meister continuou a se revelar hábil em propor novas ideias e levantar dinheiro de capitalistas de risco, mas não em dirigir o que quer que fosse. Estão entre suas *startups*: um serviço de roteamento de telefone em massa para empresas, um restaurante chamado McLean Lunch and Radiator num subúrbio de Washington, no qual os clientes podiam fazer chamadas de longa distância gratuitas a partir de telefones instalados em suas mesas, e um serviço chamado Infocast, que enviava informações a computadores, em que dados digitais pegavam carona em sinais de rádio FM. Então, em 1978, quando ficou entediado ou se tornou indesejável nesses empreendimentos, ele combinou seus interesses em telefonia, computadores e redes

de informação para criar um serviço que chamou de The Source [A Fonte].

The Source ligava computadores domésticos através de linhas telefônicas, numa rede que oferecia *bulletin boards*, troca de mensagens, notícias, horóscopo, guias de restaurantes, classificação de vinhos, compras, previsão do tempo, horários de voos e cotações da Bolsa de Valores. Em outras palavras, era um dos primeiros serviços on-line orientados para o consumidor. (O outro era a CompuServe, uma rede de compartilhamento de tempo orientada para os negócios que, em 1979, começava a se aventurar no mercado de acesso discado do consumidor.) "Ele pode levar seu computador pessoal para qualquer lugar do mundo", proclamava um de seus primeiros folhetos de marketing. Von Meister disse ao *Washington Post* que The Source se tornaria "de utilidade pública", que forneceria informações "da mesma forma que a água sai de uma torneira". Além de canalizar informações para dentro de casa, ela se dedicava à criação de comunidades: fóruns, salas de bate-papo e áreas de compartilhamento de arquivos privados onde os usuários podiam postar seus próprios escritos para que outros pudessem baixar. No lançamento oficial do serviço, em julho de 1979, no Manhattan Plaza Hotel, o escritor de ficção científica e garoto-propaganda Isaac Asimov proclamou: "Este é o início da Era da Informação!".[13]

Como de costume, não demorou para que Von Meister administrasse mal a empresa e desperdiçasse dinheiro, o que o levou a ser deposto depois de um ano por seu principal financiador, que disse: "Billy von Meister é um empresário fantástico, mas ele não sabia como parar de empreender". The Source foi vendida para a Reader's Digest, que mais tarde a vendeu para a CompuServe. Mas apesar de sua curta duração, foi pioneira da era on-line, mostrando que os consumidores queriam não apenas informação canalizada para eles, mas também a chance de se conectar com amigos e gerar seu próprio conteúdo para ser compartilhado.

A ideia seguinte de Von Meister, também um pouco à frente de seu tempo, foi uma loja que venderia músicas por Streaming através de redes de TV a cabo. As lojas de discos e gravadoras se uniram para bloquear o acesso dele às canções, então o homem de uma ideia por minuto mudou seu interesse para os videogames. Era um alvo ainda mais oportuno; na época, havia 14 milhões de consoles de videogame Atari em funcionamento. Assim nasceu a Control Video Corporation (CVC). O novo serviço de Von Meister, chamado GameLine, oferecia aos usuários downloads de jogos para compra ou aluguel. Ele começou a vendê-lo junto com alguns dos serviços de informação que faziam parte de The Source. "Vamos transformar o jóquei do videogame num *junkie* da informação", proclamou.[14]

O GameLine e a CVC abriram uma loja num shopping center situado no caminho para o Aeroporto Dulles, em Washington. Von Meister selecionou um conselho de administração que simbolizava a passagem oficial da tocha para uma nova geração de pioneiros da internet. Entre seus membros estavam Larry Roberts e Len Kleinrock, arquitetos da Arpanet original. Outro membro era o capitalista de risco pioneiro Frank Caufield, da Kleiner Perkins Caufield & Byers, que se tornara a firma

financeira mais influente do Vale do Silício. Representando o banco de investimento Hambrecht & Quist estava Dan Case, um jovem calmo e ativo, bolsista da Rhodes vindo do Havaí e de Princeton.

Dan Case encontrou-se com Von Meister em Las Vegas, em janeiro de 1983, por ocasião do Consumer Electronics Show, onde o GameLine da CVC esperava fazer um estardalhaço. Von Meister, sempre teatral, providenciou um balão de ar quente em forma de joystick, com o nome GameLine estampado, para flutuar sobre a cidade, e alugou uma enorme suíte do Tropicana Hotel, que enfeitou com coristas contratadas.[15] Case adorou a cena. Quieto num canto estava seu irmão mais novo, Steve, que era mais reticente e, com seu sorriso enigmático e rosto uniforme, mais difícil de sacar.

* * *

Nascido em 1958 e criado no Havaí, com um temperamento calmo, como se tivesse sido alimentado por golfinhos, Steve Case tinha uma aparência pacífica. Chamado por alguns de "Wall" [Parede] porque seu rosto quase nunca traía alguma emoção, ele era tímido, mas não inseguro. Quem não o conhecia o achava distante ou arrogante, o que não era. Enquanto crescia, aprendeu a caçoar e trocar insultos amigáveis num tom suave e anasalado, como um novato numa fraternidade. Mas por trás da brincadeira era muitíssimo atencioso e sério.

No ensino médio, Dan e Steve transformaram seus quartos em escritórios, de onde dirigiam uma série de negócios que, entre outras coisas, vendiam cartões e distribuíam revistas. "A primeira lição de empreendedorismo dos Case", lembrou Steve, "foi que eu tinha a ideia e ele providenciava o financiamento e, depois, ficava com metade da empresa."[16]

Steve foi para o Williams College, onde o famoso historiador James MacGregor Burns observou, seco: "Ele estava entre os meus alunos medianos".[17] Passava mais tempo pensando em abrir negócios do que estudando para as aulas. "Lembro-me de um professor me puxando para o lado e sugerindo que eu deveria deixar meus interesses comerciais e me concentrar nos estudos, pois a faculdade representava uma oportunidade única na vida", relembrou Case. "Não preciso dizer que discordei." Ele assistiu a apenas uma aula de informática e odiou, "porque estávamos na era do cartão perfurado, então você escrevia um programa e depois tinha de esperar horas para obter os resultados".[18] A lição que aprendeu era que os computadores precisavam se tornar mais acessíveis e interativos.

Um aspecto dos computadores de que ele gostava era a ideia de usá-los para acessar redes. "As conexões distantes pareciam mágicas", disse à jornalista Kara Swisher. "Parecia-me sua utilidade mais óbvia, e o resto era apenas para CDFs da informática."[19] Depois de ler *A terceira onda*, do futurista Alvin Toffler, Case ficou fascinado pelo conceito de "fronteira eletrônica", em que a tecnologia conectaria as

pessoas entre si e a todas as informações do mundo.[20]

No início de 1980, Case candidatou-se a um emprego na agência de publicidade J. Walter Thompson. Em sua carta de candidatura à vaga, escreveu:

> Acredito firmemente que os avanços tecnológicos nas comunicações estão prestes a alterar de maneira significativa nosso modo de vida. As inovações em telecomunicações (em especial sistemas de cabos bidirecionais) farão com que nossos aparelhos de televisão (de tela grande, é claro!) se transformem em canal de informações, jornal, escola, computador, máquina de plebiscitos e catálogo.[21]

Ele não obteve o emprego e também foi recusado, de início, pela Procter & Gamble. Mas conseguiu fazer uma segunda entrevista na P&G, indo a Cincinnati às próprias custas, e acabou como gerente júnior de marcas em um grupo que cuidava de um produto em breve extinto chamado Abound — um lenço umedecido que era condicionador de cabelo. Lá, Case aprendeu o truque de doar amostras grátis para lançar um novo produto. "Isso foi, em parte, a inspiração por trás da estratégia do período de experiência gratuito da AOL uma década depois", revelou.[22] Depois de dois anos, ele saiu para trabalhar na divisão Pizza Hut da PepsiCo.

> Fiz isso porque se tratava de uma firma altamente empreendedora. Era uma empresa administrada pelos franqueados, quase o oposto da Procter & Gamble, que é mais de cima para baixo, uma empresa orientada para o processo, em que todas as decisões importantes eram tomadas em Cincinnati.[23]

Jovem solteiro instalado em Wichita, Kansas, onde não havia muito o que fazer à noite, Case virou fã do The Source. Era um refúgio perfeito para alguém com sua mistura de timidez e desejo de conexão. Ele aprendeu duas lições: que as pessoas gostam de fazer parte de comunidades e que a tecnologia precisa ser simples, se quiser atrair as massas. Quando tentou pela primeira vez se conectar com o serviço, teve problemas para configurar seu computador portátil Kaypro. "Foi como escalar o monte Everest, e meu primeiro pensamento foi descobrir por que tinha de ser tão difícil", lembrou. "Mas quando afinal entrei e me vi ligado com todo o país a partir daquele pequeno apartamento em Wichita, foi emocionante."[24]

Paralelamente, Case montou sua própria empresa de marketing de pequeno porte. Estava em seu cerne ser empreendedor numa época em que a maioria dos outros jovens universitários procurava empregos em grandes empresas. Alugou uma caixa postal com um endereço chique em San Francisco, mandou imprimi-lo em envelopes e papéis de carta e fez com que sua correspondência comercial fosse

encaminhada para seu apartamento em Wichita. Sua paixão era ajudar empresas que queriam expandir a fronteira eletrônica; quando seu irmão Dan ingressou na Hambrecht & Quist, em 1981, ele começou a enviar a Steve planos de negócios para empresas interessantes. Um deles foi mandado para a Control Video Corporation, de Von Meister. Em dezembro de 1982, durante umas férias no Colorado para esquiar, eles discutiram se Dan deveria investir, e também decidiram ir juntos ao Consumer Electronics Show, em Las Vegas, no mês seguinte.[25]

O incontrolável Von Meister e o controlado Steve passaram um longo jantar em Las Vegas falando sobre maneiras de comercializar o GameLine. Talvez porque tivessem interesses comuns, mas personalidades diferentes, eles se deram bem. No meio do jantar, durante uma conversa bêbada no banheiro, Von Meister perguntou a Dan se não se importava que ele contratasse o jovem Steve. Dan disse que não via problema. Steve começou na CVC como consultor em meio expediente, depois, em setembro de 1983, foi contratado em tempo integral e mudou-se para Washington. "Achei que a ideia da GameLine era uma verdadeira promessa", disse Case. "Mas também achava que, mesmo se eu fracassasse, as lições que aprenderia trabalhando ao lado de Bill seriam valiosas. E isso sem dúvida se mostrou correto."[26]

Dentro de alguns meses, a CVC estava à beira da falência. Von Meister ainda não aprendera a ser um administrador prudente, e o mercado de jogos Atari havia se reduzido. Quando soube dos números de vendas em uma reunião do conselho naquele ano, o capitalista de risco Frank Caufield reagiu: "Eles teriam ganhado mais batendo carteiras". Então Caufield insistiu que fosse contratado um gerente disciplinado. A pessoa que ele chamou era um amigo próximo e colega de West Point, Jim Kimsey, cuja aparência rude de soldado das Forças Especiais revestia o coração amável de um barman.

Kimsey não era a pessoa óbvia para pôr em ordem um serviço digital interativo; ele estava muito mais familiarizado com armas e copos de uísque do que com teclados. Mas tinha a combinação de tenacidade e rebeldia que dá um bom empreendedor. Nascido em 1939, cresceu em Washington, D. C., e em seu último ano do ensino médio foi expulso da melhor escola católica da cidade, Gonzaga High, por provocar bagunça. Não obstante, conseguiu entrar em West Point, onde se sentiu em casa numa atmosfera que celebrava, canalizava e controlava a agressividade. Após a formatura, foi mobilizado para a República Dominicana, e a seguir serviu duas vezes no Vietnã, na década de 1960. Como major dos Airborne Rangers, encarregou-se de construir um orfanato para cem crianças vietnamitas. Se não fosse sua tendência de se jactar perante os superiores na cadeia de comando, talvez tivesse feito carreira nas Forças Armadas.[27]

Em vez disso, voltou para Washington em 1970, comprou um prédio de escritórios no centro, alugou grande parte dele para corretoras de valores e, no

térreo, abriu um bar chamado The Exchange, que tinha um teletipo com as cotações da Bolsa. Kimsey logo abriu outros bares para solteiros, com nomes como Madhatter e Bullfeathers, ao mesmo tempo que se envolvia em outros empreendimentos imobiliários. Parte de sua rotina consistia em fazer viagens de aventura com seu amigo de West Point Frank Caufield e os filhos de ambos. Foi numa viagem de jangada, em 1983, que Caufield o recrutou para trabalhar na CVC, para ficar de olho em Von Meister e, depois, para ser o CEO da empresa.

Diante das vendas fracas, Kimsey demitiu a maioria do pessoal, exceto Steve Case, a quem promoveu a vice-presidente de marketing. Kimsey tinha um jeito pitoresco de lidar com as palavras, sobretudo as escatológicas, que lembrava um dono de botequim. "Meu trabalho é fazer salada de frango a partir de merda de galinha", declarava. E gostava da velha piada sobre o garoto que escava com alegria uma pilha de estrume de cavalo e, quando lhe perguntam por que está fazendo isso, diz: "Deve haver um pônei no meio desta merda".[c]

Era um triunvirato estranho: o indisciplinado gerador de ideias Von Meister, o frio e estratégico Case e o grosseiro Kimsey. Enquanto Von Meister fazia seu show e Kimsey bancava o barman simpático, Case ficava no canto, observando e inventando novas ideias. Juntos, eles mostraram mais uma vez como uma equipe diversificada pode promover a inovação. O assessor jurídico externo Ken Novack observou mais tarde: "Não foi por acaso que eles criaram esse negócio juntos".[28]

Havia muito tempo que Case e Von Meister estavam interessados em construir redes de computadores que pudessem conectar usuários comuns. Quando a CBS, a Sears e a IBM se uniram em 1984 para lançar um serviço desse tipo que ficou conhecido como Prodigy, outros fabricantes de computadores perceberam que poderia haver um verdadeiro mercado. A Commodore procurou a CVC e lhe pediu que criasse um serviço on-line. Então Kimsey reconfigurou a CVC em uma empresa chamada Quantum, que lançou um serviço chamado Q-Link para os usuários do Commodore em novembro de 1985.

Por dez dólares ao mês, o Q-Link oferecia tudo o que Von Meister — que estava então sendo removido da empresa — e Case haviam imaginado: notícias, jogos, previsão do tempo, horóscopo, comentários, ações, atualizações de novela, um shopping e outras coisas, além das falhas habituais e períodos de inatividade que se tornaram endêmicos no mundo on-line. Mas o mais importante era que o Q-Link tinha uma área repleta de Bulletin Boards ativos e salas de bate-papo ao vivo, apelidadas de People Connection, que possibilitavam aos membros formar comunidades.

Dentro de dois meses, no início de 1986, o Q-Link já tinha 10 mil membros. Mas o crescimento começou a desacelerar, em grande parte porque as vendas de computadores da Commodore estavam caindo em face da nova concorrência da Apple e de outras empresas. "Temos de assumir o controle de nosso destino", Kimsey disse a Case.[29] Estava claro que, para ter sucesso, a Quantum teria de criar serviços on-line para outros fabricantes de computadores, em particular para a Apple.

Com a tenacidade que acompanhava sua personalidade paciente, Case foi atrás dos executivos da Apple. Mesmo depois de seu brilhante cofundador Steve Jobs ter sido forçado a sair da empresa, pelo menos no momento era difícil fazer parceria com a Apple. Case atravessou o país e se mudou para Cupertino, onde alugou um apartamento perto da sede. De lá, lançou seu cerco. Havia muitas unidades possíveis dentro da Apple que ele poderia tentar conquistar e, por fim, conseguiu uma mesinha dentro da empresa. Apesar de sua reputação de arredio, ele tinha um senso de humor excêntrico; sobre a mesa, pôs um cartaz que dizia "Steve mantido refém",[d] junto com o número de dias de sua permanência lá.[30] Em 1987, após três meses de campanha diária, obteve o que queria: o departamento de atendimento ao cliente da Apple concordou em fazer um acordo com a Quantum por um serviço chamado AppleLink. Quando foi lançado, um ano depois, o primeiro fórum de bate-papo ao vivo contou com o adorável cofundador da Apple Steve Wozniak.

Case procurou fazer um acordo semelhante com a Tandy para lançar o PC-Link. Mas logo percebeu que a sua estratégia de criar serviços com rótulos privados separados para diferentes fabricantes de computadores precisava ser revista. Os usuários de um serviço não podiam se conectar com os de outro. Além disso, os fabricantes de computadores estavam controlando os produtos, o marketing e o futuro da Quantum. "Escutem, não podemos mais contar com essas parcerias", Case disse a sua equipe. "Precisamos ficar sobre nossos próprios pés e tipo ter a nossa própria marca."[31]

Isso se tornou um problema mais urgente, mas também uma oportunidade, quando as relações com a Apple se desgastaram. "Seus mandachuvas decidiram que estavam incomodados porque uma empresa de terceiros estava usando a marca da Apple", disse Case. "A decisão da Apple de puxar nosso tapete levou à necessidade de mudar a marca."[32] Case e Kimsey decidiram combinar os usuários de seus três serviços em um serviço on-line integrado, com marca própria. A abordagem dos softwares inaugurada por Bill Gates seria aplicável também à esfera on-line: os serviços on-line seriam separados do hardware e funcionariam em todas as plataformas.

Agora, eles precisavam inventar um nome. Houve muitas sugestões, como Crossroads e Quantum 2000, mas todas evocavam retiros religiosos ou fundos mútuos. Case sugeriu America Online, o que fez com que muitos de seus colegas engasgassem. Soava falso e desajeitadamente patriótico. Mas Case gostou. Ele sabia, tal como Jobs quando batizara sua empresa de Apple, que era importante que o nome fosse, como disse mais tarde, "simples, não intimidador e até um pouco piegas".[33] Sem dinheiro para investir em marketing, Case precisava de um nome que descrevesse de modo claro o que o provedor de serviços fazia. E o nome America Online conseguia isso.

Entrar na AOL, como ficou conhecida, era como entrar on-line numa bicicleta com rodinhas. Era amigável e fácil de usar. Case aplicou as duas lições que aprendera

na Procter & Gamble: faça um produto simples e o lance com amostras grátis. O país foi bombardeado com discos de software que ofereciam dois meses de serviço gratuito. A voz em off de um ator chamado Elwood Edwards, que era marido de uma das primeiras funcionárias da AOL, gravou saudações animadas — "Bem-vindo!" e "Você tem uma mensagem!" — que faziam o serviço parecer amigável. Assim, os Estados Unidos entraram on-line.

Como Case sabia, o segredo não eram jogos ou conteúdo publicado; era um desejo de conexão. "A nossa grande aposta, já em 1985, era o que chamávamos de comunidade", contou.

> Agora, as pessoas se referem a isso como mídia social. Nós achávamos que o aplicativo matador da internet viria a ser as pessoas. Gente interagindo com gente que já conhecia, de maneiras novas que fossem mais convenientes, mas também pessoas interagindo com pessoas que ainda não conheciam, mas que deveriam conhecer porque tinham algum tipo de interesse comum.[34]

Entre as ofertas básicas da AOL estavam salas de bate-papo, mensagens instantâneas, listas de amigos e mensagens de texto. Tal como no The Source, havia notícias, esportes, previsão do tempo e horóscopo. Mas a rede social era o foco de interesse. "Todo o resto — comércio, entretenimento e serviços financeiros — era secundário", disse Case. "Achávamos que a comunidade superava o conteúdo."[35]

Particularmente populares eram as salas de bate-papo, onde as pessoas com interesses semelhantes — informática, sexo, novelas — podiam se reunir. Podiam até entrar em "salas privadas" para conversar com consentimento mútuo ou, no outro extremo, visitar um dos "auditórios" que poderiam apresentar uma sessão com uma celebridade. Os usuários da AOL não eram chamados clientes ou assinantes; eram *membros*. O provedor prosperou porque ajudou a criar uma rede social. CompuServe e Prodigy, que começaram sobretudo como serviços de informação e de compras, fizeram o mesmo com ferramentas como o CB Simulator, da CompuServe, que reproduzia em texto o prazer estranho de falar em um rádio da faixa do cidadão.

Kimsey, o dono de bar, nunca conseguiu entender bem por que pessoas saudáveis passariam suas noites de sábado em salas de bate-papo e em Bulletin Boards. "Admita, você não acha que é tudo uma merda?", ele perguntava a Case, meio em tom de brincadeira.[36] Case balançava a cabeça. Ele sabia que no meio daquela merda havia um pônei.

AL GORE E O SETEMBRO ETERNO

Serviços on-line como a AOL se desenvolveram independentemente da

internet. Um emaranhado de leis, regulamentos, tradições e práticas tornava impossível para as empresas comerciais oferecer acesso direto à internet às pessoas comuns que não tinham ligação com uma instituição de ensino ou de pesquisa. "Agora parece muito bobo, mas até 1992 era ilegal conectar um serviço comercial como a AOL à internet", disse Steve Case.[37]

Porém a partir de 1993 a barreira foi reduzida e a internet se tornou acessível a todos. Isso bagunçou os serviços on-line, que até então eram jardins murados onde os membros eram mimados em um ambiente controlado. E também transformou a internet ao produzir uma enxurrada de novos usuários que nunca diminuía. Mas o mais importante foi que essa acessibilidade começou a conectar os fios da Revolução Digital do modo como Bush, Licklider e Engelbart haviam imaginado. Computadores, redes de comunicação e repositórios de informação digital foram interligados e postos ao alcance de todo mundo.

Esse processo começou a sério quando a AOL, seguindo o exemplo de um concorrente menor chamado Delphi, abriu um portal em setembro de 1993 para permitir aos seus membros o acesso a grupos de discussão e *bulletin boards* da internet. No folclore da rede, o dilúvio foi chamado, sobretudo por usuários veteranos desdenhosos, de Setembro Eterno. O nome se referia ao fato de que em todo mês de setembro uma nova onda de calouros ingressava em universidades e, a partir de suas redes universitárias, obtinham acesso à internet. De início, suas postagens tendiam a ser irritantes, mas dentro de algumas semanas a maioria havia adquirido netiqueta suficiente para assimilar a cultura internética. As comportas abertas de 1993, no entanto, produziram um fluxo interminável de novatos, esmagando as normas sociais e o aspecto clubístico da rede. "Setembro de 1993 entrará para a história da rede como o setembro que nunca terminou", postou um participante da internet chamado Dave Fischer em janeiro de 1994.[38] Surgiu um grupo de discussão chamado alt.aol-sucks, no qual veteranos postavam suas diatribes. Os intrusos da AOL, dizia um deles, "não conseguiriam ter uma ideia se estivessem em um campo de ideias numa temporada de acasalamento de ideias, vestidos como ideias e encharcados de feromônios de ideias".[39] Na verdade, a democratização da internet do Setembro Eterno foi uma coisa boa, mas demorou um pouco para que os veteranos entendessem isso.

Essa abertura da internet, que desbravou o caminho para uma espantosa era de inovação, não aconteceu por acaso. Foi o resultado de políticas governamentais, cuidadosamente forjadas em uma atmosfera séria e bipartidária, que garantiu a liderança dos Estados Unidos na construção de uma economia da era da informação. A pessoa mais influente nesse processo — o que pode ser uma surpresa para aqueles que conhecem seu papel apenas como remate de piadas — foi o senador Al Gore Jr., do Tennessee.

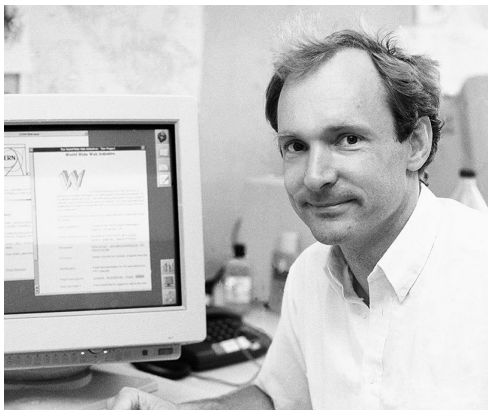
O pai de Gore também foi senador. "Lembro-me de ir de carro com ele de Carthage a Nashville e ouvi-lo dizer o quanto precisávamos de coisa melhor do que essas estradas de duas pistas", relembrou o Gore mais jovem. "Eles não cuidam de nossas necessidades."[40] Gore pai ajudou a criar a legislação bipartidária para o programa de rodovias interestaduais, e seu filho tomou isso como fonte de inspiração para ajudar a promover o que chamou de "Supervia da Informação".

Em 1986, Gore deu início a um estudo do Congresso que analisou uma variedade de tópicos, entre eles a criação de centros de supercomputadores, a interligação das várias redes de pesquisa, o aumento de largura de banda e a abertura para mais usuários. O estudo foi dirigido por Len Kleinrock, pioneiro da Arpanet. Gore deu seguimento com audiências detalhadas que levaram à Lei da Computação de Alto Desempenho, de 1991, conhecida como Lei Gore, e à Lei da Tecnologia Científica e Avançada, de 1992. Essas leis permitiam que redes comerciais, tais como a AOL, se conectassem com a rede de pesquisa dirigida pela Fundação Nacional das Ciências e, portanto, com a própria internet. Depois de eleito vice-presidente em 1992, Gore propôs a Lei da Infraestrutura Nacional de Informação, de 1993, que tornou a internet amplamente disponível ao público em geral e a levou para a esfera comercial, de modo que seu crescimento pudesse ser financiado por empresas privadas, além de receber investimento governamental.

Quando eu contava que estava escrevendo um livro sobre as pessoas que ajudaram a inventar os computadores e a internet, a piada mais previsível que ouvia, sobretudo daqueles que sabiam pouco sobre a história da rede, era: "Ah, você quer dizer Al Gore?". Em seguida, riam. É uma característica de nosso discurso político que uma das conquistas apartidárias significativas em favor da inovação americana tenha sido transformada em piada por causa de algo que Gore nunca disse — que ele "inventou" a internet. Em março de 1999, quando Wolf Blitzer, da CNN, lhe pediu que listasse suas qualificações para ser candidato a presidente, ele citou, entre outras coisas: "Durante o meu tempo no Congresso dos Estados Unidos, tomei a iniciativa de criar a internet".[41] Foi uma formulação deselegante, como são com frequência as respostas nos noticiários da TV a cabo, mas ele nunca usou a palavra "inventei".

Vint Cerf e Bob Kahn, duas das pessoas que de fato inventaram os protocolos da internet, se manifestaram a favor de Gore. "Ninguém na vida pública, em termos intelectuais, se empenhou mais em ajudar a criar o clima para uma internet próspera do que o vice-presidente", escreveram.[42] Até o republicano Newt Gingrich o defendeu, observando: "É algo em que Gore havia trabalhado por um longo tempo [...]. Gore não é o Pai da Internet, mas, com toda a justiça, Gore é a pessoa que, no Congresso, mais sistematicamente trabalhou para garantir que tivéssemos uma internet".[43]

O ataque a Gore foi o prenúncio de uma nova era de crescente partidarismo, acompanhado por uma falta de fé no que o governo poderia fazer. Por isso, é útil refletir sobre o que levou ao Setembro Eterno de 1993. Durante mais de três

décadas, o governo federal, trabalhando com a indústria privada e universidades de pesquisa, planejou e construiu um imenso projeto de infraestrutura, como o sistema rodoviário interestadual, mas muito mais complexo, e depois o abriu para cidadãos comuns e empreendimentos comerciais. Foi financiado sobretudo pelo dinheiro público, mas rendeu milhares de vezes mais por semear uma nova economia e uma era de crescimento econômico.

Tim Berners-Lee (1955-).

Marc Andreessen (1971-).

Justin Hall (1974-) e Howard Rheingold (1947-), 1995.

---

a Uma Ethernet ou Wi-Fi de hoje pode transmitir dados a 1 bilhão de bps, o que é mais de 3 milhões de vezes mais rápido.

b Mais tarde, a Western Union comprou o negócio e transformou-o em seu serviço Mailgram.

c No original, "*pony*", que significa tanto "pônei" como "25 libras esterlinas" na gíria em inglês. (N. T.)

d Referência à frase usada durante o episódio dramático de 1980 em que americanos foram mantidos reféns no Irã.

11. A web

Havia um limite para a popularidade da internet, pelo menos entre os usuários de computadores comuns, mesmo depois que o advento dos modems e a ascensão de serviços on-line tornaram possível para quase todo mundo se conectar. Ela era uma selva obscura, sem mapas, cheia de feixes de folhagens estranhas, com nomes do tipo alt.config e Wide Area Information Servers que podiam intimidar todo mundo, exceto os desbravadores mais intrépidos.

Mas bem no momento em que os serviços on-line começaram a se abrir para a internet, no início da década de 1990, um novo método de postar e encontrar conteúdo apareceu por milagre, como se tivesse irrompido para a vida a partir de um acelerador de partículas subterrâneo, o que, na verdade, é parecido com o que aconteceu. Ele tornou obsoletos os serviços on-line cuidadosamente empacotados e concretizou — na realidade, superou em muito — os sonhos utópicos de Bush, Licklider e Engelbart. Mais do que a maioria das inovações da era digital, foi inventado sobretudo por um único indivíduo, que lhe deu um nome que conseguia ser, tal como ele próprio era, ao mesmo tempo expansivo e simples: World Wide Web.

Garoto que cresceu na periferia de Londres na década de 1960, Tim Berners-Lee teve um insight fundamental a respeito dos computadores: eles eram muito bons em avançar passo a passo através de programas, mas não eram muito bons em fazer associações aleatórias e conexões inteligentes, à maneira de um ser humano imaginativo.

Isso não é uma coisa em que a maioria das crianças pensa, mas os pais de Berners-Lee eram cientistas da computação. Eram programadores do Ferranti Mark I, a versão comercial do computador de programa armazenado da Universidade de Manchester. Uma noite, em casa, seu pai, que havia sido convidado por seu chefe para rascunhar um discurso sobre como tornar os computadores mais intuitivos, falou a respeito de alguns livros a respeito do cérebro humano que estava lendo. Seu filho relembrou: "Ficou comigo a ideia de que os computadores podiam se tornar muito mais poderosos se pudessem ser programados para ligar informações de outro modo desconectadas".[1] Eles também falaram sobre o conceito de uma máquina universal de Alan Turing. "Isso me fez perceber que as limitações do que se podia fazer com um computador eram apenas as da imaginação."[2]

Berners-Lee nasceu em 1955, mesmo ano de nascimento de Bill Gates e Steve Jobs, e considerava que viera ao mundo numa época propícia para se interessar por eletrônica. Era fácil para as crianças de então ter acesso a equipamentos e componentes básicos com que podiam brincar. "As coisas aconteceram no momento certo", explicou. "Toda vez que entendíamos uma tecnologia, a indústria produzia alguma coisa mais poderosa que podíamos comprar com nosso próprio dinheiro."[3]

Na escola primária, Berners-Lee e um amigo percorriam as lojas de hobby, onde gastavam a mesada para comprar eletroímãs e fazer seus próprios relés e comutadores. "A gente enfiava um eletroímã num pedaço [*bit*] de madeira", lembrou. "Quando você ligava, ele atraía um pedaço [*bit*] de estanho e completava um circuito." A partir disso, os garotos desenvolveram uma profunda compreensão do que era um bit, como ele poderia ser armazenado e as coisas que se poderia fazer com um circuito. No momento em que estavam superando os comutadores eletromagnéticos simples, os transístores se tornaram comuns o suficiente para que Berners-Lee e seus amigos pudessem comprar um saco de cem. "Aprendemos a testar transístores e usá-los para substituir os relés que havíamos construído."[4] Ao fazê-lo, ele podia visualizar com clareza o que cada componente estava fazendo, comparando-os com os antigos comutadores eletromagnéticos que tinham sido substituídos. Usou-os para produzir sons para seu trenzinho elétrico e para criar circuitos que controlavam quando o trem precisava desacelerar.

"Começamos a imaginar circuitos lógicos bastante complicados, mas eram impraticáveis porque seria preciso usar transístores demais", disse. Mas no momento

em que ele deparou com esse problema, os microchips apareceram na loja de produtos eletrônicos local. "Ao comprar esses pequenos sacos de microchips com sua mesada, você percebia que poderia fazer o núcleo de um computador."[5] Não só isso, mas poderia *entender* o núcleo do computador, porque havia progredido de comutadores simples para transístores e depois microchips, e sabia como cada um deles funcionava.

Em um verão, pouco antes de partir para Oxford, Berners-Lee arrumou um emprego numa madeireira. Quando estava despejando um monte de serragem numa caçamba de lixo, deu com uma calculadora velha, em parte mecânica e em parte eletrônica, com fileiras de botões. Ele a salvou, equipou-a com alguns de seus interruptores e transístores, e logo tinha nas mãos um computador rudimentar em funcionamento. Em uma loja de consertos, comprou um aparelho de televisão quebrado para servir de monitor, depois de descobrir como funcionava o circuito de válvulas.[6]

Durante seus anos em Oxford, os microprocessadores chegaram ao mercado. Então, assim como Wozniak e Jobs haviam feito, ele e seus amigos criaram placas, que tentaram vender. Não foram tão bem-sucedidos quanto os Steve, em parte porque, como Berners-Lee disse mais tarde, "nós não tínhamos a mesma comunidade propícia e o mesmo *mix* cultural como havia no Homebrew e no Vale do Silício".[7] A inovação surge em lugares com o caldo cultural certo, o que era verdade para a área da baía de San Francisco, mas não para Oxfordshire na década de 1970.

Sua educação prática passo a passo, que começou com comutadores eletromagnéticos e progrediu para microprocessadores, deu-lhe uma profunda compreensão da eletrônica.

> Depois que você fez alguma coisa com fios e pregos, quando alguém diz que um chip ou circuito tem um relé, você se sente confiante para usá-lo, porque sabe que poderia fazer um deles. Agora, a garotada pega um MacBook e acha que é um eletrodoméstico. Tratam-no como uma geladeira e esperam que esteja repleto de coisas boas, mas não sabem como ele funciona. Não entendem completamente o que eu sabia, e meus pais sabiam, que aquilo que você poderia fazer com um computador era limitado apenas por sua imaginação.[8]

Uma segunda lembrança de infância permanecia em sua memória: um almanaque/livro de dicas e conselhos da era vitoriana que havia na casa de sua família, com o título antiquado e mágico de *Enquire Within Upon Everything* [Pergunte aqui sobre tudo].[a] A introdução do editor proclamava:

> Se você deseja modelar uma flor em cera; estudar as regras de etiqueta; servir um molho no café da manhã ou ceia; planejar um jantar para um grupo grande ou pequeno; curar uma dor de cabeça; fazer um testamento; casar-se; enterrar um parente; o que quer que você deseje fazer, realizar ou desfrutar, desde que seu desejo tenha relação com as necessidades da vida doméstica, espero que não deixe de "perguntar aqui".[9]

Tratava-se, de certa forma, do *Whole Earth Catalog* do século XIX, e era repleto de informações e conexões aleatórias, tudo bem indexado. "Os perguntadores devem consultar o índice no final", instruía a página de rosto. Em 1894, o almanaque já tivera 89 edições e vendera 1188000 exemplares. "O livro servia como um portal para um mundo de informações sobre tudo, desde como remover manchas de roupas a dicas sobre como investir dinheiro", observou Berners-Lee. "Não é uma analogia perfeita para a web, mas um ponto de partida primitivo."[10]

Outro conceito que Berners-Lee vinha mastigando desde a infância era como o cérebro humano faz associações aleatórias — o cheiro de café evoca o vestido que uma amiga usava na última vez você tomou café com ela —, ao passo que uma máquina só pode fazer as associações que foi programada para fazer. Ele também estava interessado em como as pessoas trabalham juntas. "Você tem a metade da solução em seu cérebro e eu tenho a outra metade no meu cérebro", explicou.

> Se estamos sentados em torno de uma mesa, começo uma frase e você pode ajudar a terminá-la, e essa é a maneira como todos nós pensamos juntos. Rabisque coisas na lousa, e editamos o material um do outro. Como podemos fazer isso quando estamos separados?[11]

Todos esses elementos, do *Enquire Within* à capacidade do cérebro de fazer associações aleatórias e colaborar com outros, estavam ressoando na cabeça de Berners-Lee quando ele se formou em Oxford. Mais tarde, ele se daria conta de uma verdade a respeito da inovação: novas ideias ocorrem quando várias noções aleatórias se agitam juntas até que se aglutinam. Ele descreveu o processo da seguinte forma:

> As ideias semiformadas flutuam. Elas vêm de lugares diferentes, e a mente tem essa maneira maravilhosa de jogá-las para lá e para cá, até que um dia elas se encaixam. Elas podem não se encaixar tão bem, então damos um passeio de bicicleta ou algo assim, e melhora.[12]

Para Berners-Lee, seus conceitos inovadores começaram a se aglutinar quando

ele pegou um trabalho de consultoria no CERN [Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear)], o imenso acelerador linear e laboratório de física de partículas perto de Genebra. Ele precisava de uma forma de catalogar as conexões entre os cerca de 10 mil pesquisadores, seus projetos e seus sistemas de informática. Tanto os computadores como as pessoas falavam muitas línguas diferentes e tendiam a fazer conexões ad hoc uns para os outros. Berners-Lee precisava rastreá-las, de modo que escreveu um programa para ajudá-lo nisso. Ele percebeu que quando lhe explicavam as várias relações no CERN, as pessoas tendiam a rabiscar diagramas com um monte de flechas. Então inventou um método para replicar isso em seu programa. Ele digitava o nome de um indivíduo ou projeto e depois criava links que mostravam quais deles estavam relacionados. Foi assim que Berners-Lee criou um programa que chamou de Enquire, em homenagem ao almanaque vitoriano de sua infância.

"Eu gostava do Enquire", escreveu ele, "porque ele armazenava informações sem usar estruturas como matrizes ou árvores."[13] Essas estruturas são hierárquicas e rígidas, ao passo que a mente humana dá saltos mais aleatórios. Enquanto trabalhava no Enquire, ele desenvolveu uma visão mais grandiosa do que o programa poderia vir a ser. "Suponha que todas as informações armazenadas em computadores em todos os lugares estivessem ligadas. Haveria um único espaço de informação global. Uma teia de informações se formaria."[14] O que ele imaginava, embora não soubesse disso na época, era a máquina memex de Vannevar Bush — que era capaz de armazenar documentos, cruzar suas referências, recuperá-los — em escala global.

Mas antes de avançar muito na criação do Enquire, sua consultoria no CERN chegou ao fim. Ele deixou para trás seu computador e seu disco flexível de oito polegadas que continha todo o código, que logo foi perdido e esquecido. Por alguns anos, trabalhou na Inglaterra para uma empresa que fazia software para publicação de documentos. Mas se entediou e pediu uma bolsa de estudo no CERN. Em setembro de 1984, voltou à Suíça para trabalhar com o grupo responsável por reunir os resultados de todas as experiências em andamento na instituição.

O CERN era um caldeirão de povos e sistemas de informática diferentes que usavam dezenas de línguas, tanto verbais como digitais. Todos tinham de compartilhar informações. "Nessa diversidade conectada", lembrou Berners-Lee, "o CERN era um microcosmo do resto do mundo."[15] Nesse cenário, ele se viu de volta a suas ruminações de infância sobre como pessoas com perspectivas diferentes trabalham juntas para transformar as noções pela metade de cada um em novas ideias.

> Sempre me interessei pelo modo como as pessoas trabalham juntas. Eu estava trabalhando com um monte de gente em outros institutos e universidades, e eles tinham de colaborar. Se estivessem na mesma sala, teriam escrito na lousa. Eu estava em busca de um sistema que permitisse que as pessoas pensassem

juntas e mantivessem o controle da memória institucional de um projeto.[16]

Ele achava que um sistema desse tipo conectaria pessoas distantes de tal modo que elas poderiam completar as frases umas das outras e acrescentar ingredientes úteis a suas noções formadas pela metade. "Eu queria que fosse algo que nos permitisse trabalhar juntos, projetar coisas juntos", explicou. "A parte realmente interessante do projeto é quando temos muitas pessoas em todo o planeta que têm parte dele na cabeça. Elas têm partes da cura para a aids, parte de uma compreensão do câncer."[17] O objetivo era facilitar a criatividade em equipe — o brainstorming que ocorre quando os membros se sentam juntos e estimulam as ideias dos demais — quando os jogadores não estão no mesmo lugar.

Então, Berners-Lee reconstruiu seu programa Enquire e começou a pensar em maneiras de expandi-lo. "Eu queria acessar diferentes tipos de informação, tais como os trabalhos técnicos de um pesquisador, o manual de diferentes módulos de software, atas de reuniões, notas rabiscadas às pressas e assim por diante."[18] Na verdade, queria fazer muito mais do que isso. Ele tinha o jeito plácido de um codificador inato, mas, sob essa aparência, abrigava a curiosidade extravagante de uma criança que ficava até tarde da noite lendo *Enquire Within Upon Everything*. Em vez de apenas elaborar um sistema de gestão de dados, ele desejava criar um playground colaborativo. "Eu queria construir um espaço criativo", disse mais tarde, "algo parecido com um tanque de areia onde todos pudessem brincar juntos."[19]

Ele descobriu uma manobra simples que lhe permitiria fazer as conexões que desejava: o *hipertexto*. Agora familiar a qualquer usuário, o hipertexto é uma palavra ou expressão que é codificada para que, quando clicada, envie o leitor a outro documento ou algum conteúdo. Imaginado por Bush, em sua descrição de uma máquina memex, foi batizado em 1963 pelo visionário tecnológico Ted Nelson, que sonhou com um projeto brilhantemente ambicioso chamado Xanadu, nunca materializado, em que todos os itens de informação seriam publicados com dois links de hipertexto de e para informações relacionadas.

O hipertexto era uma forma de possibilitar que as conexões que estavam no cerne do programa Enquire de Berners-Lee proliferassem como coelhos; qualquer um poderia estabelecer ligações com documentos em outros computadores, mesmo aqueles com diferentes sistemas operacionais, sem pedir permissão. "Um programa Enquire capaz de links de hipertexto externos era a diferença entre prisão e liberdade", ele exultou. "Novas teias poderiam ser feitas para ligar computadores diferentes." Não haveria um nó central, nenhum centro de comando. Se você soubesse o endereço na rede de um documento, poderia acessá-lo. Dessa forma, o sistema de links poderia se espalhar e expandir, "a cavalo da internet", como disse Berners-Lee.[20] Mais uma vez, uma inovação foi criada graças ao entrelaçamento de duas inovações anteriores: nesse caso, hipertexto e internet.

Usando um computador NeXT, o belo híbrido de estação de trabalho e

computador pessoal que Jobs criou depois de ser expulso da Apple, Berners-Lee adaptou um protocolo em que vinha trabalhando, chamado de Remote Procedure Call, que permitia que um programa que estivesse rodando em um computador chamasse uma sub-rotina que estava em outro computador. Em seguida, elaborou um conjunto de princípios para a designação de cada documento. De início, chamou-os de Identificadores Universais de Documentos. O pessoal da Força-Tarefa de Engenharia da Internet encarregado de aprovar as normas se opôs ao que acusou de "arrogância" em chamar seu esquema de *universal*. Assim, ele concordou em alterar para *uniforme*. Na verdade, ele foi levado a mudar as três palavras, transformando-as em Uniform Resource Locators [Localizadores-Padrão de Recursos] — aqueles URLs, como http://www.cern.ch, que usamos agora todo dia.[21] No final de 1990, ele já havia criado uma série de ferramentas que permitiram que sua rede ganhasse vida: um Hypertext Transfer Protocol [Protocolo de Transferência de Hipertexto] (HTTP) para permitir que o hipertexto fosse trocado on-line, uma Hypertext Markup Language [Linguagem de Marcação de Hipertexto] (HTML) para criar páginas, um navegador rudimentar para servir de software aplicativo que recuperava e exibia informações e um software servidor que pudesse responder às solicitações da rede.

Em março de 1989, Berners-Lee estava com seu projeto pronto e apresentou uma proposta formal de financiamento à direção do CERN. "A esperança era permitir que se desenvolvesse um pool de informações que pudesse crescer e evoluir", escreveu ele. "Uma 'teia' de notas com ligações entre elas é muito mais útil do que um sistema hierárquico fixo."[22] Infelizmente, sua proposta suscitou tanto perplexidade quanto entusiasmo. "Vago, mas empolgante", escreveu seu chefe, Mike Sendall, em cima do memorando. "Quando li a proposta do Tim", ele admitiu mais tarde, "não consegui descobrir do que se tratava, mas achei que era ótimo."[23] Mais uma vez, um brilhante inventor se viu na necessidade de um colaborador para transformar um conceito em realidade.

Mais do que a maioria das inovações da era digital, a concepção da web foi impulsionada sobretudo por uma pessoa. Mas Berners-Lee precisou de um parceiro para concretizá-la. Por sorte, ele pôde encontrá-lo em Robert Cailliau, um engenheiro belga do CERN que vinha brincando com ideias semelhantes e estava disposto a unir forças. "No casamento do hipertexto com a internet, Robert foi o padrinho", disse Berners-Lee.

Com seu comportamento afável e suas habilidades burocráticas, Cailliau era a pessoa perfeita para ser o pregador do projeto dentro do CERN e o gerente de projeto que fazia as coisas acontecer. Indivíduo meticuloso com seus trajes, que programava com exata regularidade seus cortes de cabelo, ele era "o tipo de engenheiro que pode ser levado à loucura pela incompatibilidade de plugues de eletricidade em diferentes países", nas palavras de Berners-Lee.[24] Eles formaram

uma parceria vista com frequência em duplas inovadoras: o designer de produto visionário e o gerente de projeto diligente. Cailliau, que adorava planejamento e trabalho organizacional, abriu o caminho, segundo disse, para Berners-Lee “enterrar a cabeça nos bits e desenvolver seu software”. Um dia, Cailliau tentou repassar um plano de projeto com o colega e se deu conta de que “ele simplesmente não entendia o conceito!”.[25] Graças a Cailliau, ele não precisava entender.

A primeira contribuição de Cailliau foi aperfeiçoar a proposta de financiamento que Berners-Lee apresentara aos administradores do CERN, tornando-a menos vaga, ao mesmo tempo que a mantinha empolgante. Ele começou pelo título, que era “Gestão de Informação”. Cailliau insistiu para que encontrassem um nome mais atraente para o projeto, o que não deveria ser muito difícil. Berners-Lee teve algumas ideias. A primeira foi Mine of Information, mas o acrônimo em inglês MOI significava “eu” em francês, o que soava um pouco egocêntrico. A segunda sugestão foi The Information Mine, cujo acrônimo, TIM, o era ainda mais. Cailliau rejeitava a ideia, usada muitas vezes no CERN, de usar o nome de algum deus grego ou faraó egípcio. Então Berners-Lee veio com algo que era direto e descritivo: “Vamos chamá-la de World Wide Web” [teia ampla mundial]. Era a metáfora que ele havia usado em sua proposta original. Cailliau empacou. “Não podemos chamá-la assim, porque a abreviatura WWW é mais longa do que o nome completo!”[26] As iniciais tinham três vezes mais sílabas do que o próprio nome. Mas Berners-Lee era capaz de ser tranquilamente teimoso. “Parece bom”, declarou. Assim, o título da proposta foi alterado para “WorldWideWeb: Proposta para um Projeto de HiperTexto”. E assim foi batizada a web.

Depois que o projeto foi oficialmente adotado, os administradores do CERN quiseram patenteá-lo. Quando Cailliau levantou a questão, Berners-Lee não concordou. Ele queria que a web se espalhasse e evoluísse o mais rápido possível, e isso significava que deveria ser livre e aberta. A certa altura, ele olhou para o parceiro e perguntou, em tom acusador: “Robert, você quer ficar rico?”. Na memória de Cailliau, sua reação inicial foi dizer: “Bem, isso ajuda, não?”.[27] Era a resposta errada. “Estava claro que ele não se importava com isso”, Cailliau se deu conta. “Tim não está nessa pelo dinheiro. Ele aceita uma variedade muito maior de quartos de hotel do que um CEO aceitaria.”[28]

Em vez disso, Berners-Lee insistiu que os protocolos da web fossem disponibilizados livremente, compartilhados abertamente e postos para sempre no domínio público. Afinal, todo o objetivo dela, e a essência de sua concepção, era promover compartilhamento e colaboração. O CERN divulgou um documento em que declarava que “abandona todos os direitos de propriedade intelectual sobre esse código, tanto fonte como forma binária, e concede permissão para qualquer pessoa usá-lo, duplicá-lo, modificá-lo e redistribuí-lo”.[29] A organização acabou por juntar forças com Richard Stallman e adotou sua Licença Pública Geral do GNU. O resultado foi um dos mais grandiosos projetos livres e de código aberto da história.

Essa postura refletia o estilo discreto de Berners-Lee. Ele era avesso a qualquer indício de engrandecimento pessoal. Suas fontes também vinham de algum lugar mais profundo dentro de si: uma perspectiva moral baseada no compartilhamento entre pares e respeito, algo que ele encontrou na Igreja Unitarista Universalista, que adotou. Como disse sobre seus companheiros unitaristas:

> Eles se reúnem em igrejas, em vez de em hotéis, e discutem justiça, paz, conflito e moralidade, em vez de protocolos e formatos de dados, mas em outros aspectos a relação entre pares é muito semelhante à da Força-Tarefa de Engenharia da Internet [...]. O projeto da internet e da web é uma busca por um conjunto de regras que possibilitará que os computadores trabalhem juntos em harmonia, e nossa busca espiritual e social é por um conjunto de regras que possibilitem que as pessoas trabalhem juntas em harmonia.[30]

Apesar do rebuliço que acompanha muitos anúncios de produto — pensemos nos Laboratórios Bell revelando o transístor ou Steve Jobs o Macintosh —, algumas das inovações mais significativas entraram pé ante pé no palco da história. Em 6 de agosto de 1991, Berners-Lee deu uma olhada no grupo de discussão alt.hypertext da internet e topou com esta questão: "Alguém está ciente de pesquisas ou esforços de desenvolvimento em [...] links de hipertexto que permitam a recuperação de múltiplas fontes heterogêneas?". Sua resposta, "de: timbl@info.cern.ch às 14h56", tornou-se o primeiro anúncio público da web. "O projeto WorldWideWeb visa permitir links a serem feitos para qualquer informação em qualquer lugar [...]. Se você está interessado em usar o código, mande-me um e-mail."[31]

Com sua personalidade discreta e essa postagem ainda mais discreta, Berners-Lee não entendia como era profunda a ideia que havia lançado. *Qualquer informação em qualquer lugar*. "Passei muito tempo tentando garantir que as pessoas pudessem pôr qualquer coisa na web", disse ele mais de duas décadas depois. "Eu não tinha ideia de que as pessoas iriam pôr literalmente tudo nela."[32] Sim, tudo. *Enquire Within Upon Everything*.

MARC ANDREESSEN E O MOSAIC

Para entrar em sites da web, as pessoas precisavam de um software em seus computadores que ficou conhecido como browser, ou navegador. Berners-Lee criou um que podia ler e editar documentos; sua esperança era que a web se tornasse um lugar onde os usuários poderiam colaborar. Mas seu navegador funcionava apenas em computadores NeXT, dos quais havia poucas unidades, e ele não tinha tempo nem

recursos para criar outras versões de navegador. Então ele recrutou uma jovem estagiária no CERN chamada Nicola Pellow, que estava se formando em matemática na Leicester Polytechnic, para programar o primeiro navegador multiuso para os sistemas operacionais UNIX e Microsoft. Apesar de rudimentar, funcionava. "Era para ser o veículo que possibilitaria à web dar seu primeiro passo no palco mundial, mas Pellow não se intimidou", lembrou Cailliau. "Deram-lhe a tarefa e ela simplesmente tratou de realizá-la, sem perceber a enormidade do que estava prestes a desencadear."[33] Depois, ela voltou para a Leicester Polytechnic.

Berners-Lee começou a incitar outros a aperfeiçoar o trabalho de Pellow: "Sugerimos a todos em todos os lugares que a criação de navegadores resultaria em projetos úteis".[34] No outono de 1991, já havia uma meia dúzia de versões experimentais, e a web se espalhou com rapidez para outros centros de pesquisa da Europa.

Em dezembro daquele ano, ela deu um salto sobre o Atlântico. Paul Kunz, físico de partículas do Acelerador Linear de Stanford, foi visitar o CERN e Berners-Lee recrutou-o para o mundo da web. "Ele torceu meu braço e insistiu para que eu fosse visitá-lo", disse Kunz, que temia ter de assistir a uma demonstração entediante de gerenciamento de informação. "Mas, então, ele me mostrou uma coisa que abriu meus olhos."[35] Era um navegador da web no NeXT de Berners-Lee chamando informações de uma máquina IBM situada em outro lugar. Kunz levou o software com ele e o http://slacvm.slac.stanford.edu/ se tornou o primeiro servidor da web nos Estados Unidos.

A World Wide Web atingiu velocidade orbital em 1993. O ano começou com cinquenta servidores do sistema no mundo e, em outubro, havia quinhentos. Uma razão para isso foi que a principal alternativa para acessar informações na internet era um protocolo de envio e busca desenvolvido na Universidade de Minnesota chamado Gopher,[b] e vazou a informação de que seus criadores estavam planejando cobrar uma taxa para a utilização do programa. Um impulso mais importante foi a criação do primeiro navegador com capacidades gráficas e de fácil instalação, chamado Mosaic. Ele foi desenvolvido no Centro Nacional para Aplicativos de Supercomputação (National Center for Supercomputing Applications — NCSA) da Universidade de Illinois em Urbana-Champaign, que fora financiado pela Lei Gore.

O maior responsável pelo Mosaic foi um homem, ou criança grande, chamado Marc Andreessen, aluno de graduação afetuoso mas tenso, com mais de um metro e noventa, alimentado a milho, nascido em Iowa em 1971 e criado em Wisconsin. Andreessen era fã dos pioneiros da internet, cujos escritos o inspiraram:

Quando consegui uma cópia do ensaio "As We May Think", de Vannevar

Bush, eu disse a mim mesmo: "É isso aí! Ele entendeu tudo!". Bush anteviu a internet tanto quanto era possível, tendo em vista que não havia computadores digitais. Ele e Charles Babbage estão no mesmo time.

Outro herói para ele era Doug Engelbart. "Seu laboratório foi o nodo 4 na internet, que era como ter o quarto telefone no mundo. Ele teve a clarividência incrível de entender o que a internet seria antes que ela fosse construída."[36]

Quando viu uma demonstração da web em novembro de 1992, Andreessen ficou deslumbrado. Então chamou Eric Bina, um funcionário do NCSA e programador de primeira linha, para ser seu parceiro na criação de um navegador mais empolgante. Eles adoravam os conceitos de Berners-Lee, mas achavam o software de implementação do CERN sem vida e desprovido de recursos interessantes. "Se alguém fizesse o navegador e o servidor certos, isso seria de fato interessante", disse Andreessen a Bina. "Nós podemos correr com isso e fazê-lo funcionar de verdade."[37]

Ao longo de dois meses, eles se entregaram a uma maratona de programação comparável à de Bill Gates e Paul Allen. Durante três ou quatro dias eles codificavam por 24 horas seguidas — Andreessen movido a leite e biscoitos, Bina a balinhas Skittles e refrigerante Mountain Dew — e depois caíam na cama por um dia inteiro para se recuperar. Eles formavam uma ótima dupla: Bina era um programador metódico, Andreessen, um visionário motivado pelo produto.[38]

Em 23 de janeiro de 1993, com um pouquinho mais de alarde do que Berners-Lee se permitira ao lançar a web, marca@ncsa.uiuc.edu anunciou o Mosaic no grupo de discussão www-talk da internet. "Pelo poder investido em mim por ninguém em particular", iniciava Andreessen, "a versão alpha/beta 0.5 dos sistemas de informação em rede baseados em Motif e navegador da World Wide Web do NCSA, X Mosaic, está por meio deste liberado." Berners-Lee, que de início ficou contente, postou uma resposta dois dias depois: "Brilhante! Cada novo navegador está mais sexy do que o anterior". Ele o acrescentou à crescente lista de navegadores disponíveis para download em info.cern.ch.[39]

O Mosaic era popular porque podia ser instalado de forma simples e possibilitava que imagens fossem incorporadas a páginas da web. Mas ficou ainda mais popular porque Andreessen conhecia um dos segredos dos empreendedores da era digital: ele deu atenção total ao feedback dos usuários e passava tempo nos grupos de discussão da internet absorvendo sugestões e reclamações. Depois lançava versões atualizadas. "Era incrível lançar um produto e obter feedback imediato", acrescentou, entusiasmado. "O que obtive desse ciclo de feedback foi uma noção instantânea do que estava funcionando e do que não estava."[40]

A atenção de Andreessen ao aperfeiçoamento contínuo impressionou Berners-Lee: "Você mandava um relatório de erros e horas mais tarde ele lhe mandava por e-

mail uma correção".[41] Anos mais tarde, já capitalista de risco, Andreessen fazia questão de favorecer startups cujos fundadores se concentrassem no código e no atendimento ao cliente, em vez de gráficos e apresentações. "Os primeiros são aqueles que se tornam empresas de trilhões de dólares", disse ele.[42]

Havia, no entanto, uma coisa no navegador que decepcionou e depois começou a irritar Berners-Lee. Era lindo, até deslumbrante, mas a ênfase de Andreessen estava em possibilitar que a mídia publicasse páginas atraentes, e Berners-Lee achava que, em vez disso, a prioridade deveria ser o fornecimento de ferramentas que facilitassem a colaboração séria. Assim, em março de 1993, depois de uma reunião em Chicago, ele atravessou de carro "os campos de milho que pareciam intermináveis" do centro de Illinois para visitar Andreessen e Bina no NCSA.

Não foi uma reunião agradável. "Todos os meus encontros anteriores com desenvolvedores de navegador haviam sido reuniões de mentes", lembrou Berners-Lee. "Mas esse teve uma tensão estranha." Sua impressão era que os criadores do Mosaic, que tinham sua própria equipe de relações públicas e estavam ganhando muita publicidade, queriam "se mostrar como o centro de desenvolvimento da web e, em última análise, mudar o nome da web para Mosaic".[43] Pareceu-lhe que eles estavam tentando ficar de donos da web e, talvez, lucrar com isso.[c]

Andreessen achou a lembrança de Berners-Lee engraçada. "Quando Tim veio se reunir conosco, o clima estava mais para uma visita de Estado do que uma sessão de trabalho. A web já se tornara um incêndio florestal, e ele estava incomodado porque não a controlava mais." A oposição de Berners-Lee à incorporação de imagens lhe pareceu esquisita e purista. "Ele só queria texto", lembrou Andreessen.

> Especificamente, não queria revistas. Ele tinha uma visão muito pura. Queria, em essência, que a web fosse usada para trabalhos científicos. Sua visão era de que as imagens são o primeiro passo na estrada para o inferno. E a estrada para o inferno é o conteúdo multimídia e revistas, vulgaridades, jogos e coisas de consumo.

Uma vez que sua prioridade era o cliente, Andreessen achava que tudo isso era bobagem acadêmica. "Sou do tipo faz-tudo do Meio-Oeste. Se as pessoas querem imagens, que tenham imagens. Manda ver!"[44]

A crítica mais fundamental de Berners-Lee era que, ao se concentrar em características de exibição fantasiosas, como multimídia e fontes ornamentais, Andreessen estava ignorando uma capacidade que deveria estar no navegador: as ferramentas de edição que permitiriam aos usuários interagir e contribuir para o conteúdo de uma página da web. A ênfase na exibição, em vez de nas ferramentas de edição, empurrava a web no sentido de se tornar uma plataforma de publicação para as pessoas que tinham servidores, em vez de um lugar de colaboração e criatividade

compartilhada. “Fiquei decepcionado porque Marc não pôs ferramentas de edição no Mosaic”, disse Berners-Lee. “Se houvesse uma atitude de utilizar a web mais como meio de colaboração, em vez de meio de publicação, acho que ela seria muito mais poderosa hoje.”[45]

As primeiras versões do Mosaic tinham um botão de “colaborar” que permitia aos usuários baixar um documento, trabalhar nele e postá-lo de volta. Mas o navegador não era um editor completo, e Andreessen achava que isso era impraticável. “Fiquei espantado”, reclamou Berners-Lee,

> com esse desdém quase universal em relação à criação de um editor. Sem um editor de hipertexto, as pessoas não teriam as ferramentas para usar de fato a web como um meio de colaboração íntima. Os navegadores as deixariam encontrar e compartilhar informações, mas elas não poderiam trabalhar juntas de forma intuitiva.[46]

Até certo ponto, ele estava certo. Apesar do sucesso espantoso da web, o mundo teria sido um lugar mais interessante se ela tivesse sido criada como um meio mais colaborativo.

Berners-Lee também fez uma visita a Ted Nelson, que morava em um barco em Sausalito, à sombra da ponte Golden Gate. Vinte e cinco anos antes, Nelson fora o pioneiro do conceito de uma rede de hipertexto com sua proposta do projeto Xanadu. Foi um encontro agradável, mas Nelson ficou aborrecido porque a web não tinha elementos essenciais do Xanadu.[47] Ele achava que uma rede de hipertexto deveria ter links bidirecionais, o que exigiria a aprovação tanto da pessoa que criava a ligação como da pessoa cuja página era objeto da ligação. Um sistema como esse teria a vantagem paralela de possibilitar micropagamentos a produtores de conteúdo. “O HTML é precisamente o que estávamos tentando evitar — o constante rompimento de links, links apenas para fora, citações que não se pode seguir até suas origens, nenhum gerenciamento de versão, nenhuma gestão de direitos”, lamentou Nelson mais tarde.[48]

Se o sistema de links bidirecionais de Nelson tivesse prevalecido, seria possível medir o uso de links e possibilitar pequenos pagamentos automáticos para quem produzisse o conteúdo que fosse usado. Todo o negócio de publicação, jornalismo e blogs teria sido diferente. Os produtores de conteúdo digital poderiam ser compensados de maneira fácil, sem atrito, permitindo uma variedade de modelos de receita, inclusive aqueles que não dependessem de ser devidos apenas para anunciantes. Em vez disso, a web se tornou um espaço onde agregadores podiam ganhar mais dinheiro do que os produtores de conteúdo. Os jornalistas, tanto de grandes empresas de mídia como de pequenos sites de blogs, tinham menos chances de serem pagos. Jaron Lanier, autor de *Who Owns the Future?* [Quem possui o futuro?], argumentou: “Todo o negócio de usar publicidade para financiar a comunicação na internet é inerentemente autodestrutivo. Se você tem backlinks

universais, tem uma base para micropagamentos de informações de alguém que são úteis para outra pessoa".[49] Mas um sistema de links bidirecionais e micropagamentos exigiria algum tipo de coordenação central e dificultaria a expansão espontânea da web, de modo que Berners-Lee resistiu à ideia.

Em 1993-4, quando a web estava decolando, eu era o editor de novas mídias da Time Inc., responsável pela estratégia de internet da empresa proprietária da revista. De início, tínhamos feito acordos com serviços on-line de acesso discado, como AOL, CompuServe e Prodigy. Fornecemos nosso conteúdo, comercializamos seus serviços para nossos assinantes e moderamos salas de bate-papo e *bulletin boards* que acumulavam comunidades de membros. Graças a isso, conseguimos obter entre 1 milhão e 2 milhões de dólares em royalties anuais.

Quando a internet aberta se tornou uma alternativa a esses serviços on-line particulares, ela parecia oferecer uma oportunidade para assumirmos o controle de nosso próprio destino e de nossos assinantes. No almoço de abril 1994 dos Prêmios Nacionais para Revistas, tive uma conversa com Louis Rossetto, o editor e fundador da *Wired*, a respeito de qual dos novos protocolos e ferramentas de busca da internet — Gopher, Archie, FTP, web — seria o melhor para usar. Ele sugeriu que a melhor opção era a web, devido às capacidades gráficas bem-feitas que estavam sendo embutidas em navegadores como o Mosaic. Em outubro de 1994, a HotWired e a Time Inc. lançaram sites na web.

Na Time Inc. experimentamos usar nossas marcas tradicionais — *Time*, *People*, *Life*, *Fortune*, *Sports Illustrated* —, mas também criamos um novo portal, chamado Pathfinder. Convocamos novas marcas, que iam de *Virtual Garden* a *Netly News*. De início, planejamos cobrar uma pequena taxa ou assinatura, mas os publicitários da Madison Avenue ficaram tão encantados com a nova mídia que acorreram ao nosso prédio, oferecendo-se para comprar os banners que havíamos desenvolvido para nossos sites. Desse modo, nós e outras empresas de jornalismo concluímos que era melhor tornar nosso conteúdo gratuito e reunir o maior número possível de olhos para anunciantes ávidos.

O resultado não foi um modelo de negócios sustentável.[50] O número de websites e, portanto, a oferta de espaço para anúncios aumentavam de forma exponencial a cada poucos meses, mas a quantidade total de investimento em publicidade mantinha-se mais ou menos estável. Isso fez com que os preços cobrados da publicidade acabassem caindo. O modelo também não era saudável do ponto de vista ético; ele incentivava os jornalistas a atender sobretudo aos desejos de seus anunciantes, não os de seus leitores. Porém os consumidores já estavam condicionados a achar que o conteúdo deveria ser gratuito. Foram necessárias duas décadas para começar a tentar colocar o gênio de volta na garrafa.

No final da década de 1990, Berners-Lee tentou desenvolver um sistema de

micropagamentos para a web através do World Wide Web Consortium (W3C), que ele dirigia. A ideia era encontrar uma maneira de incorporar a uma página da web a informação necessária para cuidar de um pequeno pagamento, o que permitiria a criação de diferentes serviços de "carteira eletrônica" por bancos ou empresários. Isso nunca foi implementado, em parte devido à mudança na complexidade dos regulamentos bancários. "Quando começamos, a primeira coisa que tentamos fazer foi possibilitar pequenos pagamentos a pessoas que postassem conteúdos", explicou Andreessen. "Mas na Universidade de Illinois não tínhamos recursos para implementar isso. Os sistemas de cartões de crédito e bancário o tornavam impossível. Tentamos com afinco, mas era muito doloroso lidar com esses caras. Era cosmicamente doloroso."[51]

Em 2013, Berners-Lee começou a reviver algumas das atividades do Grupo de Trabalho de Markup de Micropagamentos do W3C. "Estamos examinando de novo protocolos de micropagamento", disse ele. "Isso faria da web um lugar muito diferente. Pode ser de fato uma possibilidade. Com certeza, a capacidade de pagar por um bom artigo ou canção poderia sustentar mais pessoas que escrevem coisas ou fazem música."[52] Andreessen disse que esperava que o Bitcoin,[d] uma moeda digital e sistema de pagamento entre pares criado em 2009, viesse a ser um modelo para sistemas de pagamento melhores. "Se eu tivesse uma máquina do tempo e pudesse voltar a 1993, uma coisa que sem dúvida eu faria seria incorporar o Bitcoin ou alguma forma similar de criptomoeda."[53]

Penso que nós, da Time Inc., e outras empresas de mídia cometemos outro erro: abandonamos nosso foco na criação de comunidades depois que nos estabelecemos na web, em meados da década de 1990. Em nossos sites na AOL e na CompuServe, grande parte do nosso esforço fora dedicado à criação de comunidades com nossos usuários. Um dos primeiros residentes de The WELL, Tom Mandel, foi contratado para moderar *bulletin boards* da *Time* e ser o mestre de cerimônias de nossas salas de bate-papo. A postagem de artigos da revista vinha em segundo lugar, depois da criação de um sentimento de conexão social e comunidade entre nossos usuários. Quando migramos para a web em 1994, tentamos de início repetir essa abordagem. Criamos *bulletin boards* e grupos de bate-papo no Pathfinder e fizemos nossos engenheiros replicarem os tópicos de discussão simples da AOL.

Mas com o passar do tempo começamos a dar mais atenção à publicação de nossas matérias on-line, em vez de criar comunidades de usuários ou permitir conteúdos gerados por eles. Nós e outras empresas de mídia adequamos nossas publicações impressas para páginas da web a fim de que elas fossem consumidas de maneira passiva por nossos leitores, e relegamos as discussões a um espaço de comentários dos leitores, na parte inferior da página. Muitas vezes eram diatribes violentas e tolices que poucas pessoas, inclusive nós, liam. Ao contrário dos grupos

de discussão da Usenet, de The WELL ou da AOL, o foco não estava em discussões, comunidades e conteúdos criados por usuários. Em vez disso, a web tornou-se uma plataforma de publicação na qual vinho velho — o tipo de conteúdo que você poderia encontrar em publicações impressas — era posto em garrafas novas. Era como nos primeiros dias da televisão, quando o que se apresentava não passava de programas de rádio com imagens. Desse modo, não conseguimos prosperar.

Por sorte, a rua encontra seus próprios usos para as coisas, e logo surgiram novas formas de mídia para tirar proveito da nova tecnologia. Liderada pelo crescimento dos blogs e wikis que surgiram em meados da década de 1990, uma revitalizada web 2.0 passou a permitir que os usuários colaborassem, interagissem, formassem comunidades e gerassem seu próprio conteúdo.

JUSTIN HALL E COMO OS WEB LOGS SE TRANSFORMARAM EM BLOGS

Em dezembro de 1993, quando era calouro no Swarthmore College, Justin Hall pegou um exemplar abandonado do *New York Times* na sala dos estudantes e leu uma matéria de John Markoff sobre o navegador Mosaic que começava assim:

> Pense nele como um mapa para os tesouros enterrados da Era da Informação. Um novo programa de software gratuito para empresas e indivíduos está ajudando até os usuários novatos de computador a encontrar seu caminho na internet global, a rede das redes, que é rica em informações, mas na qual pode ser desconcertante navegar.[54]

Nerd esbelto, de cabelos loiros que caíam sobre os ombros e sorriso travesso, Hall parecia ser um cruzamento entre Huckleberry Finn e um elfo de Tolkien. Ele passara a infância em Chicago entrando em *bulletin boards* eletrônicos e de imediato baixou o browser e começou a navegar. "Todo o conceito me deslumbrou", ele relembrou.[55]

Hall logo percebeu uma coisa: "Quase todos os projetos de publicação on-line eram amadores, de gente que não tinha nada a dizer". Então, decidiu criar um site, utilizando um software do Apple PowerBook e MacHTTP baixado de graça, que fosse divertido para ele e outros que compartilhavam sua atitude atrevida e suas obsessões adolescentes. "Eu poderia pôr meus escritos e palavras em forma eletrônica, deixá-los bonitinhos, e entrar na web com links."[56] Hall pôs seu site no ar em meados de janeiro de 1994 e, alguns dias mais tarde, para seu deleite, estranhos de toda a web começaram a tropeçar nele.

Sua primeira home page tinha um tom de intimidade travessa. Trazia uma foto de Hall fazendo careta atrás do coronel Oliver North, outra de Cary Grant tomando

ácido e uma sincera mensagem de agradecimento para "Al Gore, primeiro pedestre oficial da estrada da informação com pedágio". O tom era de conversação: "Oi. Esta é a computação do século XXI. Será que vale a nossa paciência? Estou publicando isto, e acho que você está lendo isto, em parte, para descobrir do que se trata, né?".

Na época, não havia diretórios da web ou ferramentas de busca, exceto as muito sóbrias, como o Catálogo W3, da Universidade de Genebra, e a página "O Que Há de Novo" do NCSA, da Universidade de Illinois. Então Hall inventou um para o seu site, que elegantemente intitulou "Eis uma Seleção das Merdas que Eu Gosto". Pouco tempo depois, em homenagem a Dostoiévski, rebatizou-o de "Links do Subsolo de Justin". Entre eles, havia links para a Electronic Frontier Foundation e o Banco Mundial, e sites criados por conhecedores de cerveja, fãs da cena musical rave e um sujeito da Universidade da Pensilvânia chamado Ranjit Bhatnagar, que havia criado uma página da web similar. "Acredite em mim, o autor é um cara muito legal", observou Hall. Ele também incluiu uma lista de gravações piratas de shows, com Jane's Addiction e Porno for Pyros. "Deixe-me um bilhete se você está interessado nelas ou se tem uma delas", escreveu. Tendo em vista as fixações de Justin e seus usuários, não surpreende que também houvesse muitas seções dedicadas a temas eróticos, entre elas páginas chamadas "Pesquisa sobre Sexualidade no Sprawl"e e "Dicas de Páginas de Fornecimento de Lubricidade". Prestativo, ele lembrou aos seus usuários: "Não se esqueça de limpar o sêmen de seu teclado!".

O Links do Subsolo de Justin se tornou o pioneiro pontiagudo de uma proliferação de diretórios como Yahoo e, depois, Lycos e Excite, que começaram a florescer no final daquele ano. Mas, além de fornecer um portal para o país das maravilhas da web, Hall criou algo estranhamente sedutor que acabou por se mostrar ainda mais significativo: um web log, ou diário da rede, de suas atividades pessoais, pensamentos aleatórios, reflexões profundas e encontros íntimos. Foi o primeiro de uma forma completamente nova de conteúdo a ser criado para redes de computadores pessoais e a tirar partido delas. O web log de Hall trazia poemas pungentes sobre o suicídio de seu pai, pensamentos sobre seus diversos desejos sexuais, fotos de seu pênis, histórias provocadoras e ao mesmo tempo ternas sobre seu padrasto e outras efusões que atravessavam para lá e para cá a fronteira da Informação Demasiada. Em suma, ele se tornou o pestinha fundador dos blogs.

"Eu estava na revista literária da escola", disse Hall, "e tinha publicado algumas coisas muito pessoais." Isso se tornou a receita para o seu e muitos outros blogs futuros: seja informal, torne-se pessoal, seja provocativo. Ele postou uma foto de si mesmo nu, de pé num palco, a qual fora impedido de usar em seu anuário escolar, junto com o relato das garotas editoras "rindo enquanto checavam a foto em preto e branco do meu pinto". Mais tarde, contou a história de uma noite de relações sexuais dolorosas com uma garota, depois da qual seu prepúcio inchara, ilustrada com muitos closes de sua situação genital. Ao fazê-lo, ajudou a inovar a sensibilidade para uma nova era. "Sempre tentei provocar, e a nudez fazia parte da provocação", explicou,

"então tenho uma longa tradição de fazer as coisas que fariam minha mãe corar."[57]

A disposição de Hall de ampliar os limites da Informação Demasiada tornou-se uma característica marcante dos blogs. Era o descaramento elevado a atitude moral. "A Informação Demasiada é como os dados de laboratório profundos de todos os nossos experimentos humanos", explicou ele mais tarde. "Se você revelar demais, isso pode fazer as pessoas se sentirem um pouco menos sozinhas." Não se tratava de tarefa trivial. Com efeito, fazer as pessoas se sentirem um pouco menos sozinhas fazia parte da essência da internet.

O caso do prepúcio inchado é um exemplo; dentro de poucas horas, pessoas de todo o mundo postaram comentários que relatavam suas próprias histórias, curas e a garantia de que o problema era temporário. Um caso mais comovente veio das postagens sobre seu pai, um alcoólatra que se suicidara quando Justin tinha oito anos. "Meu pai era um homem amargo, humanista, sensível", escreveu. "E também um filho da puta rancoroso e intolerante." Hall contou que o pai cantava canções folk de Joan Baez para ele, mas também derrubava garrafas de vodca, acenava com armas e ralhava com garçonetes. Depois que soube que havia sido a última pessoa a falar com seu pai antes de ele se matar, Hall postou um poema: "O que dissemos/ eu me pergunto/ e/ o que isso importava?/ Eu poderia tê-lo feito mudar de ideia?". Essas anotações deram origem a um grupo de apoio virtual. Leitores enviaram suas próprias histórias e Hall as postou. O compartilhamento levou a conexões. Emily Ann Merkler estava lutando com a perda de seu pai para a epilepsia. Russell Edward Nelson incluiu cópias da carteira de motorista de seu falecido pai e outros documentos. Werner Brandt enviou uma página de lembranças de seu pai que apresentava músicas de piano de que ele gostava. Justin postou tudo isso junto com suas reflexões. O blog tornou-se uma rede social. "A internet estimula a participação", observou. "Ao me expor na web, espero que as pessoas se inspirem para pôr um pouco de alma em seus corpos."

Poucos meses depois de ter começado seu web log, Hall conseguiu, por meio de uma saraivada tenaz de telefonemas e e-mails, um estágio no HotWired.com, em San Francisco, para o verão de 1994. A revista *Wired*, sob a direção de seu carismático editor Louis Rossetto, estava no processo de criar um dos primeiros sites de revistas. Seu editor executivo era Howard Rheingold, um sábio on-line perspicaz que acabara de publicar *The Virtual Community*, em que descrevia os costumes sociais e a satisfação que vinham da "apropriação na fronteira eletrônica". Hall tornou-se amigo e protegido de Rheingold, e juntos eles se envolveram numa batalha com Rossetto pela alma do novo site.[58]

Rheingold achava que o HotWired.com, em contraste com a revista impressa, deveria ser uma comunidade vagamente controlada, uma "jam session global" preenchida com material gerado pelos usuários. "Eu fazia parte da facção de Howard, que achava que a comunidade era importante, e queria montar fóruns de usuários e ferramentas que tornassem mais fácil para as pessoas fazer comentários sobre o que os

outros escreviam", lembrou Hall. Uma ideia que propuseram foi conceber maneiras para que os membros da comunidade pudessem desenvolver suas próprias identidades e reputações on-line. "O valor é usuários conversando com usuários", Hall argumentou com Rossetto. "As pessoas são o conteúdo."

Rossetto, por sua vez, achava que o HotWired deveria ser uma plataforma de publicação bem-feita e de excelente design, com imagens ricas, que estenderia a marca da revista e criaria uma forte identidade *Wired* on-line. "Temos grandes artistas e devemos usá-los", argumentou. "Vamos fazer uma coisa linda, profissional e refinada, que é o que a web não tem." Incluir um monte de ferramentas para conteúdos e comentários gerados pelos usuários seria "um excesso de espetáculo secundário".[59]

O debate foi travado em longas reuniões e num fluxo de e-mails apaixonados. Mas Rossetto prevaleceu, e seu ponto de vista, compartilhado por muitos outros editores do mundo impresso, acabou por moldar a evolução da web. Ela se tornou basicamente uma plataforma para publicação de conteúdo, em vez de para a criação de comunidades virtuais. "A era do acesso público à internet chegou ao fim", declarou Rossetto.[60]

Quando retornou de seu prolongado bico de verão no HotWired, Hall decidiu se tornar um pregador do outro lado da disputa, acreditando que os aspectos de acesso público da internet deveriam ser celebrados e apoiados. Com menos sofisticação sociológica do que Rheingold, mas com mais exuberância juvenil, ele começou a pregar a natureza redentora das comunidades virtuais e dos web logs. "Venho pondo minha vida on-line, contando histórias sobre as pessoas que conheço e as coisas que acontecem comigo quando não estou enfiado no computador", explicou ele on-line depois de um ano. "Falar sobre mim mesmo me faz ir em frente."

Seus manifestos descreviam a atração exercida por um novo meio de acesso público. "Quando contamos histórias na internet, reivindicamos os computadores para a comunicação e a comunidade, contra o comercialismo crasso", declarou ele numa de suas primeiras postagens. Na qualidade de alguém que passava horas nos *bulletin boards* iniciais da internet na adolescência, ele queria recuperar o espírito dos grupos de discussão da Usenet e do The WELL.

E assim Hall tornou-se o Johnny Appleseed[f] do diário eletrônico. Em seu site, ele se ofereceu para ensinar as pessoas a publicar em HTML se elas o hospedassem por uma ou duas noites, e no verão de 1996 ele viajou de ônibus pelos Estados Unidos, parando na casa dos que aceitaram sua oferta. "Ele pegou um meio que fora concebido como repositório de erudição e o reduziu ao tamanho pessoal", escreveu Scott Rosenberg em sua história dos blogs, *Say Everything* [Diga tudo].[61] Sim, mas ele também ajudou a fazer algo mais: devolver a internet e a web ao seu objetivo inicial: serem ferramentas para compartilhar em vez de plataformas para a publicação comercial. Os diários na web tornaram a internet mais humanizadora, o que não foi pouca coisa. "O melhor uso da nossa tecnologia aperfeiçoa nossa humanidade", dizia

Hall. “Ela nos permite moldar nossa narrativa, compartilhar nossa história e nos conectar.”[62]

O fenômeno se espalhou rápido. Em 1997, John Barger, que produzia um site divertido chamado Robot Wisdom, cunhou o termo “weblog”, e dois anos mais tarde um web designer chamado Peter Merholz, de brincadeira, separou a palavra de novo, dizendo que ia usar a expressão “we blog”. A palavra blog entrou na linguagem comum.[g] Em 2014, haveria 847 milhões de blogs no mundo.

Tratava-se de um fenômeno social não totalmente apreciado pela elite tradicional da escrita. Era fácil, e não de todo incorreto, denegrir grande parte da tagarelice egocêntrica que aparecia nos blogs e rir daqueles que passavam a noite postando em páginas pouco lidas. Mas, como disse Arianna Huffington quando criou seu canal de blogs, o *Huffington Post*, as pessoas decidiram participar desses atos de discurso social porque os acharam gratificantes.[63] Elas tiveram uma chance de expressar suas ideias, adaptá-las para o consumo público e obter feedback. Tratava-se de uma nova oportunidade para indivíduos que antes passavam suas noites consumindo passivamente o que lhes era servido pela tela da televisão. “Antes do surgimento da internet, era raro que a maioria das pessoas escrevesse alguma coisa por prazer ou satisfação intelectual depois de se formar no ensino médio ou na faculdade”, observou Clive Thompson em seu livro *Smarter Than You Think* [Mais inteligente do que você pensa]. “Isso é uma coisa particularmente difícil de entender para os profissionais cujos empregos exigem escrita incessante, como professores universitários, jornalistas, advogados ou profissionais de marketing.”[64]

À sua maneira cativante, Justin Hall compreendeu a glória disso. Era o que faria a era digital diferente da era da televisão. “Ao nos divulgar na web, rejeitamos o papel de destinatários passivos do marketing de mídia”, escreveu ele.

> Se todos nós tivermos um lugar para postar nossas páginas — o canal de Howard Rheingold, o canal da Raising City High School —, não há como a web acabar tão banal e medíocre como a televisão. Haverá tantos lugares para encontrar conteúdos novos e envolventes quanto existem pessoas que anseiam por serem ouvidas. A boa narração de histórias humanas é a melhor maneira de evitar que a internet e a World Wide Web se transformem num lixão.[65]

EV WILLIAMS E O BLOGGER

Em 1999, os blogs proliferavam. Já não eram mais o cercadinho de exibicionistas excêntricos como Justin Hall que postavam diários pessoais sobre suas vidas e fantasias. Tinham se tornado uma plataforma para especialistas independentes, jornalistas cidadãos, advogados, ativistas e analistas. Mas havia um problema: para

publicar e manter um blog independente era preciso ter algumas habilidades de codificação e acesso a um servidor. Criar simplicidade para o usuário é uma das chaves para o sucesso de uma inovação. Para que o blog se tornasse uma mídia totalmente nova que transformaria a publicação e democratizaria o discurso público, alguém tinha de torná-lo fácil, tão fácil como "Escreva no box e depois pressione este botão". Entra em cena Ev Williams.

Nascido em 1972 em uma fazenda de milho e soja nos arredores do vilarejo de Clarks, Nebraska (população: 374 habitantes), Ev Williams era um garoto magro, tímido e com frequência solitário, que nunca caçou ou jogou futebol, o que fazia dele um cara meio esquisito. Preferia brincar com Legos, fazer skates de madeira, desmontar bicicletas e passar muito tempo no trator verde da família, depois de ter terminado suas tarefas de irrigação, olhando à distância e sonhando acordado. "Livros e revistas eram meu canal para o resto do mundo", lembrou. "Minha família nunca viajava, então nunca fui a qualquer lugar."[66]

Na adolescência, não teve computador, mas quando foi para a Universidade de Nebraska, em 1991, descobriu o mundo dos serviços on-line e *bulletin boards*. Começou a ler tudo o que podia sobre a internet e até assinou uma revista a respeito de *bulletin boards* eletrônicos. Depois de abandonar a faculdade, decidiu abrir uma empresa para fazer CD-ROMs que explicassem o mundo on-line para empresários locais. Filmados em seu porão com uma câmera emprestada, os vídeos eram amadores demais e não venderam nada. Então, ele foi para a Califórnia e conseguiu um emprego de redator júnior na editora de tecnologia O'Reilly Media, onde revelou sua independência irritadiça ao enviar um e-mail para toda a equipe dizendo que se recusava a escrever material para um dos produtos da empresa porque ele "era uma merda".

Com o instinto de um empreendedor obsessivo, estava sempre ansioso por abrir empresas e, no início de 1999, lançou a Pyra Labs, com uma mulher esperta chamada Meg Hourihan, com quem havia tido um breve namoro. Ao contrário de outros que saltaram no frenesi ponto-com daquele período, eles se concentraram no uso da internet para sua finalidade original: colaboração on-line. A Pyra Labs oferecia um conjunto de aplicativos baseados na web que possibilitava que equipes compartilhassem planos de projetos, listas de coisas a fazer, e criavam documentos em conjunto. Williams e Hourihan descobriram que precisavam de uma forma simples de compartilhar suas próprias noções aleatórias e itens interessantes, então começaram a postar em um pequeno site interno, que apelidaram de "Coisas".

Àquela altura, Williams, que sempre adorou revistas e publicações, começara a ler blogs. Em vez de diários pessoais como o de Hall, ele se tornou fã dos comentaristas de tecnologia que estavam iniciando o jornalismo sério na web, gente como Dave Winer, que havia criado um dos primeiros weblogs, Scripting News, e projetou um formato de distribuição XML para ele.[67]

Williams tinha sua própria home page, chamada EvHead, em que postava uma

seção de notas e comentários atualizados. Como outros que acrescentaram esses logs às suas home pages, ele precisava digitar cada item e atualizar usando o código HTML. Para agilizar o processo, escreveu uma sequência de comandos simples que convertia automaticamente suas mensagens para o formato adequado. Foi uma pequena hackeada que teve um efeito transformador.

> A ideia de que eu poderia ter um pensamento e poderia escrever em uma forma, e ele estaria no meu site em questão de segundos, mudou por completo a experiência. Foi uma daquelas coisas que, ao automatizar o processo, transformaram de maneira radical o que eu estava fazendo.[68]

Ele logo começou a se perguntar se esse pequeno acompanhamento poderia se tornar um produto seu.

Uma das lições básicas para a inovação é manter o foco. Williams sabia que sua primeira empresa fracassara porque tinha tentado fazer trinta coisas e não conseguira fazer nenhuma. Hourihan, que havia sido consultora de gestão, foi inflexível: a ferramenta de *scripting* do blogger de Williams era legal, mas era uma distração. Jamais seria um produto comercial. Williams concordou, mas em março registrou o domínio blogger.com. Não conseguiu resistir. "Sempre fui um cara de produto, estou sempre pensando em produtos, e achei que aquela era uma ideiazinha legal." Em julho, quando Hourihan estava de férias, ele lançou o Blogger como um produto separado, sem contar a ela. Ele estava seguindo outra lição essencial para a inovação: Não fique focado *demais*.

Quando retornou e descobriu o que tinha acontecido, Hourihan começou a gritar e ameaçou ir embora. A Pyra tinha apenas outro funcionário além deles, e não havia espaço para distrações. "Ela estava furiosa", lembrou Williams. "Mas a convencemos de que aquilo fazia sentido." E fez. O Blogger atraiu tantos fãs nos meses seguintes que Williams, com seu charme lacônico e desajeitado, se tornou uma das estrelas da conferência South by Southwest, em março de 2000. No final do ano, o Blogger já tinha 100 mil contas.

O que o Blogger não tinha, no entanto, era receita. Williams o oferecera de graça na vaga esperança de que isso atrairia pessoas para comprar o aplicativo Pyra. Mas, no verão de 2000, já havia praticamente abandonado a Pyra. Com o estouro da bolha da internet, não era um momento fácil para ganhar dinheiro. A relação entre Williams e Hourihan, sempre um pouco carregada, degenerou de tal modo que as discussões aos berros no escritório eram habituais.

Em janeiro de 2001, a crise por falta de dinheiro chegou ao ápice. Precisando desesperadamente de novos servidores, Williams fez um apelo aos usuários do Blogger para que fizessem doações. Entraram perto de 17 mil dólares, o que era suficiente para comprar um novo hardware, mas não para pagar salários.[69] Hourihan

exigiu que Williams se afastasse da direção, e quando ele se recusou ela decidiu cair fora. “Na segunda-feira, pedi demissão da empresa que ajudei a fundar”, escreveu ela em seu blog. “Ainda estou chorando, chorando e chorando.”[70] Os outros empregados, então seis no total, também foram embora.

Williams postou um longo texto intitulado “E então restou um” em seu blog. “Estamos sem dinheiro, e perdi minha equipe [...]. Os últimos dois anos foram uma jornada longa, difícil, emocionante, educativa, única na vida, dolorosa e que, em última análise, foi muito gratificante e valeu a pena para mim.” Prometendo manter o serviço em funcionamento, mesmo que tivesse de fazê-lo sozinho, ele terminava com um pós-escrito: “Se alguém quiser dividir um espaço de escritório por um tempo, entre em contato comigo. A redução de custos pode ser boa para mim (e para a empresa)”.[71]

A maioria das pessoas teria desistido nesse ponto. Não havia dinheiro para o aluguel, ninguém para manter os servidores funcionando, nenhum sinal de qualquer receita. Williams também estava enfrentando dolorosos ataques pessoais e legais de seus ex-empregados, obrigando-o a acumular contas de advogado. “A história que rolou foi que demiti todos os meus amigos, não os paguei e assumi a empresa”, disse ele. “A coisa foi muito feia.”[72]

Mas Williams trazia no sangue a paciência de um agricultor e a teimosia de um empresário. Ele tinha um nível anormalmente elevado de imunidade à frustração. Assim, perseverou, testando aquele limite nebuloso entre persistência e ignorância, permanecendo calmo enquanto os problemas o bombardeavam. Ele dirigiria a empresa sozinho, de seu apartamento. Cuidaria ele mesmo dos servidores e da codificação. “Basicamente passei à clandestinidade e não fiz nada, exceto tentar manter o Blogger funcionando.”[73] As receitas estavam perto de zero, mas ele poderia manter seus custos de acordo com isso. Como escreveu em sua postagem na web: “Na verdade, estou surpreendentemente em boa forma. Estou otimista. (Sempre sou otimista.) E tenho muitas, muitas ideias. (Sempre tenho muitas ideias.)”.[74]

Algumas pessoas expressaram simpatia e ofereceram ajuda, em especial Dan Bricklin, um líder da tecnologia amado e colaborativo que havia sido um dos criadores do VisiCalc, a primeira planilha eletrônica. “Não gosto da ideia do Blogger perdido no crash ponto-com”, disse Bricklin.[75] Depois de ler o post desesperado de Williams, ele enviou um e-mail perguntando se havia alguma coisa que poderia fazer para ajudar. Os dois concordaram em se encontrar quando Bricklin, que morava em Boston, fosse a uma conferência da O’Reilly em San Francisco. Enquanto comiam sushi em um restaurante das proximidades, Bricklin contou a história de como, anos antes, quando sua própria empresa estava afundando, ele tinha topado com Mitch Kapor, da Lotus. Embora concorrentes, eles compartilhavam uma ética hacker colaborativa, de modo que Kapor ofereceu um acordo que ajudou Bricklin a permanecer pessoalmente solvente. Bricklin foi em frente e fundou a Trellix, uma empresa que fazia seu próprio sistema de publicação de site. Seguindo o exemplo de Kapor de ajudar um hacker meio concorrente, ele fez um acordo para a Trellix

licenciar o software do Blogger por 40 mil dólares, mantendo-o vivo. Bricklin era, acima de tudo, um sujeito legal.

Ao longo de 2001, Williams trabalhou dia e noite em seu apartamento ou num espaço emprestado para manter o Blogger em funcionamento. "Todo mundo que eu conhecia achava que eu estava louco", lembrou. O ponto mais baixo aconteceu no final do ano, quando ele foi visitar a mãe, que havia se mudado para Iowa. Seu site foi hackeado no dia de Natal.

> Eu estava em Iowa tentando avaliar os danos através de uma conexão discada e um pequeno laptop. E eu não tinha um administrador de sistema nem nenhuma outra pessoa trabalhando para mim na época. Acabei passando a maior parte do dia num Kinko's fazendo controle de danos.[76]

As coisas começaram a mudar em 2002. Ele lançou o Blogger Pro, pelo qual os usuários pagavam, e com a ajuda de um novo parceiro conseguiu um acordo de licenciamento no Brasil. O mundo dos blogs estava crescendo de modo exponencial, o que fez do Blogger um produto quente. Em outubro, com alguma insistência do antigo chefe de Williams, Tim O'Reilly, o Google o procurou. Ele ainda era acima de tudo uma ferramenta de busca e não tinha um histórico de compra de outras empresas, mas fez uma oferta para comprar o Blogger. Williams aceitou.

O produtinho simples de Williams ajudou a democratizar a publicação. "Publicação aperte-o-botão para o povo" era seu mantra. "Adoro o mundo da publicação e tenho uma cabeça muito independente, características que vieram do fato de ter crescido em uma fazenda remota", disse ele. "Quando encontrei uma forma de deixar as pessoas publicarem na internet, eu sabia que poderia ajudar a dar poder e voz a milhões."

Pelo menos no início, o Blogger foi sobretudo uma ferramenta para publicação, não para a discussão interativa. "Em vez de promover o diálogo, ele possibilitava que as pessoas subissem num caixote", Williams admitiu.

> A internet tem um lado de comunidade e um lado de publicação. Há gente mais obcecada do que eu com a parte da comunidade. Sou mais impulsionado pelo lado da publicação de conhecimento, porque cresci aprendendo sobre o mundo no que as outras pessoas publicavam, e não sou um grande participante no lado da comunidade.[77]

No entanto, a maioria das ferramentas digitais acaba sendo usada para fins

sociais, sendo essa a natureza dos seres humanos. A blogosfera evoluiu para ser uma comunidade, em vez de mera coleção de caixotes. "Ela acabou se transformando numa comunidade, embora todos nós tivéssemos nossos próprios blogs, porque a gente comentava e linkava uns para os outros", disse Williams anos depois. "Havia sem a menor dúvida uma comunidade lá, tão real como qualquer *mailing list* ou *bulletin board*, e acabei por gostar disso."[78]

Williams veio a ser um dos fundadores do Twitter, um serviço de rede social e micropublicação, e depois do Medium, um site de publicação destinado a promover a colaboração e a partilha. No processo, ele percebeu que de fato valorizava o aspecto comunitário da internet tanto quanto seu lado de publicação.

> Para um garoto de fazenda de Nebraska, antes da internet era muito difícil se conectar e encontrar uma comunidade de pessoas que pensassem da mesma forma, e o desejo essencial de se conectar com uma comunidade é sempre uma parte de você. Vim a perceber, bem depois de fundar o Blogger, que ele era uma ferramenta que servia a essa necessidade. Conectar-se com uma comunidade é um dos desejos básicos que impulsionam o mundo digital.[79]

WARD CUNNINGHAM, JIMMY WALES E A MARAVILHA DAS WIKIS

Quando lançou a web em 1991, Tim Berners-Lee pretendia que ela fosse usada como uma ferramenta de colaboração, motivo pelo qual ficou consternado com o fato de o navegador Mosaic não dar aos usuários a capacidade de editar as páginas da rede que estavam vendo. Isso transformava os usuários em consumidores passivos do conteúdo publicado. Esse lapso foi mitigado em parte pela ascensão dos blogs, que incentivou o conteúdo gerado pelos usuários. Em 1995, inventou-se outro meio que foi mais longe no sentido de facilitar a colaboração na web. Chamava-se wiki e permitia que os usuários modificassem páginas da web — não por terem uma ferramenta de edição em seu navegador, mas clicando e digitando direto em páginas que tinham um software wiki.

O aplicativo foi desenvolvido por Ward Cunningham, outro daqueles nativos simpáticos do Meio-Oeste (no caso, Indiana) que cresceram fazendo aparelhos de radioamadorismo e ficando ligados pelas comunidades globais que criavam. Depois de se formar na Universidade Purdue, ele conseguiu um emprego na Tektronix, uma empresa de equipamentos eletrônicos, onde acompanhava projetos, função similar à de Berners-Lee quando foi para o CERN.

Para executar seu trabalho, ele modificou um programa extraordinário desenvolvido por Bill Atkinson, um dos inovadores mais encantadores da Apple. Chamava-se HyperCard e possibilitava que os usuários criassem seus próprios cartões

e documentos hiperlinkados em seus computadores. A Apple não tinha a menor ideia do que fazer com o software e assim, por insistência de Atkinson, ela o distribuía de graça com seus computadores. Era fácil de usar, e até crianças — em especial as crianças — encontravam maneiras de criar as chamadas pilhas de HyperCard, contendo imagens e jogos navegáveis por links.

Cunningham ficou encantado com o HyperCard quando o viu pela primeira vez, mas o achou complicado. Então bolou um jeito supersimples de criar novos cartões e links: um box em branco em cada cartão no qual se podia digitar um título, uma palavra ou expressão. Se você quisesse fazer um link para Fulana de Tal ou para o Projeto Vídeo do Harry ou qualquer outra coisa, bastava digitar essas palavras no box. "Era divertido de fazer", contou.[80]

A seguir ele criou uma versão para a internet do seu programa de hipertexto, escrevendo-o em apenas algumas centenas de linhas de código Perl. O resultado foi um novo aplicativo de gerenciamento de conteúdo que permitia aos usuários editar e contribuir para uma página da web. Cunningham usou o aplicativo para criar um serviço chamado de Portland Pattern Repository, que possibilitava aos criadores de software trocar ideias de programação e melhorar os padrões que outros tinham postado. "O plano é que as partes interessadas escrevam páginas da web sobre Pessoas, Projetos e Padrões que mudaram o modo de programar", escreveu ele em um comunicado postado em maio de 1995. "O estilo da escrita é informal, como o e-mail [...]. Pense nele como uma lista moderada, na qual qualquer um pode ser moderador e tudo é arquivado. Não é bem um bate-papo, mas a conversa é possível."[81]

Agora, Cunningham precisava de um nome. O que ele havia criado era uma ferramenta rápida para a web, mas QuickWeb era um nome ruim, parecia inventado por um comitê da Microsoft. Por sorte, havia outra palavra que significava *rápido*, surgida dos recessos de sua memória. Ele lembrou que quando estivera em lua de mel no Havaí, treze anos antes, "o funcionário do balcão do aeroporto me orientou a tomar o ônibus wiki wiki entre os terminais". Quando perguntou o que significava, informaram-lhe que *wiki* era a palavra havaiana para *rápido*, e *wiki wiki* significava super-rápido. Assim, ele chamou suas páginas da web e o software que as rodava de WikiWikiWeb, abreviado para wiki.[82]

Em sua versão original, a sintaxe que Cunningham usou para criar links em um texto foi juntar palavras de modo que houvesse duas ou mais letras maiúsculas — como em LetrasMaiúsculas — em um termo. Isso ficou conhecido como CamelCase, e sua ressonância seria vista mais tarde em dezenas de marcas da internet, como AltaVista, MySpace e YouTube.

A WardsWiki (como ficou conhecida) possibilitava que qualquer um editasse e contribuísse, sem precisar de senha. As versões anteriores de cada página eram armazenadas, no caso de alguém estragar uma delas, e haveria uma página de "Mudanças Recentes" para que Cunningham e outros pudessem acompanhar as

edições. Mas não haveria nenhum supervisor ou guardião para dar uma aprovação prévia das alterações. Isso funcionaria, disse ele com seu típico otimismo do Meio-Oeste, porque "as pessoas costumam ser boas". Era exatamente o que Berners-Lee havia imaginado, uma web para ser lida e escrita, em vez de apenas lida. "As wikis foram uma das coisas que permitiram a colaboração", disse Berners-Lee. "Os blogs foram outra."[83]

Tal como Berners-Lee, Cunningham pôs seu software básico à disposição para quem quisesse modificar e usar. Em consequência, logo apareceram dezenas de sites wiki, bem como melhorias de código aberto para seu software. Mas o conceito de wiki só se tornou amplamente conhecido fora do círculo de engenheiros de software em janeiro de 2001, quando foi adotado por um empreendedor da internet que estava tentando, sem muito sucesso, montar uma enciclopédia on-line gratuita.

Dan Bricklin (1951-) e Ev Williams (1972-), 2001.

Jimmy Wales (1966-).

Sergey Brin (1973-) e Larry Page (1973-)

Jimmy Wales nasceu em 1966, em Huntsville, Alabama, uma cidade de caipiras e cientistas de foguetes. Seis anos antes, na esteira do *Sputnik*, o presidente Eisenhower fora pessoalmente até lá para inaugurar o Centro de Voos Espaciais Marshall. "O fato de crescer em Huntsville durante o auge do programa espacial meio que nos dava uma visão otimista do futuro", observou Wales.[84] "Uma lembrança antiga que tenho é de uma das janelas da nossa casa chocalhando quando testavam os foguetes. O programa espacial era como o time esportivo local, por isso era empolgante e a gente sentia que era uma cidade de tecnologia e ciência."[85]

Wales, cujo pai era gerente de uma mercearia, frequentou uma escola particular de sala de aula única, aberta por sua mãe e por sua avó, que ensinava música. Quando ele estava com três anos, a mãe comprou uma *World Book Encyclopedia* de um vendedor porta a porta; quando ele aprendeu a ler, ela se tornou um objeto de veneração. A enciclopédia punha em suas mãos uma cornucópia de conhecimentos junto com mapas e ilustrações e até algumas camadas de transparências de celofane que se podia levantar para explorar coisas como músculos, artérias e o sistema digestivo de um sapo dissecado. Mas Wales logo descobriu que a enciclopédia tinha falhas: por mais coisas que contivesse, muitas outras não estavam lá.

E isso piorou ainda mais com o tempo. Depois de alguns anos, havia muitos tópicos — desembarques na Lua, festivais de rock, marchas de protesto, Kennedys e reis — que não estavam incluídos. A *World Book Encyclopedia* enviava aos proprietários adesivos para serem colados nas páginas com o objetivo de atualizá-la, e Wales era meticuloso ao fazer isso. "Eu brinco que comecei a revisar enciclopédias quando criança, colando adesivos na que minha mãe comprou."[86]

Depois de se formar na Universidade de Auburn e de uma tentativa pouco entusiasmada de fazer pós-graduação, Wales conseguiu um emprego de diretor de pesquisa numa firma financeira de Chicago. Mas isso não o envolveu de todo. Sua atitude estudiosa se combinava com um amor pela internet que fora aprimorado jogando os chamados Multi-User Dungeons, jogos de fantasia produzidos essencialmente em grupo na rede. Ele criou e moderou uma *mailing list* de discussão na internet sobre Ayn Rand, escritora americana nascida na Rússia que defendia uma filosofia libertária e objetivista. Muito aberto em relação a quem poderia participar do fórum de discussão, desaprovava diatribes e o ataque pessoal conhecido como *flaming* e administrava comportamentos com mão suave. "Escolhi um método 'meio-termo' de moderação, uma espécie de cutucada por trás dos bastidores", escreveu ele numa postagem.[87]

Antes do surgimento das ferramentas de busca, entre os serviços mais quentes da internet estavam os guias da web, que traziam listas e classificações de sites legais feitas por usuários, e *webrings*, que criavam, através de uma barra de navegação comum, um círculo de sites relacionados que eram ligados entre si. Seguindo a onda, Wales e dois amigos criaram em 1996 uma empresa que batizaram de BOMIS, acrônimo de Bitter Old Men in Suits [Velhos Amargos de Terno] e começaram a procurar ideias. Eles lançaram várias startups que eram típicas do boom das ponto-com do final dos anos 1990: um *ring* e guia de carros usados com imagens, um serviço de encomendas de comida, um guia de negócios para Chicago e um *ring* de esportes. Depois que se mudou para San Diego, Wales lançou um guia e *ring* que servia como "uma espécie de ferramenta de busca para homens", com fotos de mulheres seminuas.[88]

Os *rings* mostraram a Wales o valor de ter usuários que ajudassem a gerar o conteúdo, ideia reforçada quando observou que a multidão de apostadores de seu site de esportes proporcionava uma previsão mais precisa do que qualquer especialista sozinho poderia fazer. Ele também ficou impressionado com *A catedral e o bazar*, de Eric Raymond, que explicava por que um bazar aberto e gerado por uma multidão era um modelo melhor para um website do que a construção cuidadosamente controlada de cima para baixo de uma catedral.[89]

A seguir, Wales testou uma ideia que refletia seu amor infantil pela *World Book*: uma enciclopédia on-line. Chamada de Nupedia, tinha dois atributos: seria escrita por voluntários e seria gratuita. Era uma ideia que havia sido proposta em 1999 por Richard Stallman, o defensor pioneiro do software livre.[90] Wales esperava

ganhar dinheiro mais tarde com a venda de anúncios. Para ajudar a desenvolver a enciclopédia, contratou Larry Sanger, um estudante de pós-graduação em filosofia que conhecera em grupos de discussão on-line. "Ele estava interessado sobretudo em encontrar um filósofo para comandar o projeto", relembrou Sanger.[91]

Sanger e Wales desenvolveram um rigoroso processo de sete etapas para a criação e aprovação de artigos, que incluía atribuir temas a especialistas comprovados, cujas credenciais tivessem sido examinadas, e depois submeter os textos à análise de especialistas externos, comentários públicos, edição de texto profissional e edição de texto pública. "Queremos que os editores sejam verdadeiros especialistas em seus campos e (com poucas exceções) possuam doutorado", estipulavam as diretrizes da Nupedia.[92] "Larry achava que se não a fizéssemos mais acadêmica do que uma enciclopédia tradicional, as pessoas não acreditariam nela nem a respeitariam", explicou Wales. "Ele estava errado, mas sua opinião fazia sentido tendo em vista o que se sabia na época."[93] O primeiro artigo, publicado em março de 2000, foi sobre atonalidade, escrito por um estudioso da Universidade Johannes Gutenberg, de Mogúncia, Alemanha.

Era um processo dolorosamente lento e, pior ainda, nada divertido. O bom de escrever de graça on-line, como Justin Hall havia mostrado, era que isso produzia um choque de alegria. Depois de um ano, a Nupedia tinha apenas uma dúzia de artigos publicados, tornando-a inútil como enciclopédia, e 150 que ainda estavam em fase de redação, o que indicava como o processo era desagradável. Ela fora rigorosamente construída fora de escala. Wales se deu conta disso quando decidiu que iria escrever ele mesmo um artigo sobre Robert Merton, economista que ganhou o prêmio Nobel pela criação de um modelo matemático para mercados que contenham derivados. Wales havia publicado um trabalho sobre a teoria de precificação de opções, de modo que estava muito familiarizado com o trabalho de Merton.

> Comecei a tentar escrever o artigo e foi muito intimidador, porque sabia que enviariam meu texto para os professores de finanças mais prestigiados que conseguissem encontrar. De repente, me senti como se estivesse de volta à pós-graduação, e foi muito estressante. Percebi que daquele jeito as coisas não iam funcionar.[94]

Foi quando Wales e Sanger descobriram o software wiki, de Ward Cunningham. Como muitas inovações da era digital, a aplicação desse programa à Nupedia, a fim de criar a Wikipedia — a combinação de duas ideias para criar uma inovação — foi um processo colaborativo que envolveu pensamentos que já estavam no ar. Mas, nesse caso, surgiu uma disputa muito pouco wiki sobre quem merecia mais crédito.

Da maneira como Sanger se lembrou da história, no início de janeiro de 2001

ele estava almoçando tacos numa barraca de estrada perto de San Diego com um amigo chamado Ben Kovitz, que era engenheiro de computação. Kovitz estava usando a wiki de Cunningham e a descreveu em detalhes. Então, segundo Sanger, ocorreu-lhe que uma wiki poderia ser usada para ajudar a resolver os problemas que estava tendo com a Nupedia. "Comecei de imediato a pensar que talvez uma wiki funcionasse como um sistema editorial mais aberto e simples para uma enciclopédia colaborativa e gratuita", relatou mais tarde. "Quanto mais eu pensava sobre isso, mesmo sem ter visto uma wiki, mais parecia obviamente certo." Em sua versão da história, ele então convenceu Wales a experimentar a wiki.[95]

Kovitz, por sua vez, afirmou que foi sua a ideia de usar o software wiki para uma enciclopédia escrita por usuários e que ele teve dificuldades para convencer Sanger.

> Sugeri que, em vez de usar a wiki só com o pessoal aprovado da Nupedia, ele a abrisse ao público em geral e deixasse que os textos aparecessem no site na mesma hora, sem nenhum processo de revisão. Minhas palavras exatas foram que "qualquer pateta no mundo com acesso à internet" pudesse modificar livremente qualquer página do site.

Sanger levantou algumas objeções: "Idiotas totais não iriam publicar descrições de coisas flagrantemente falsas ou tendenciosas?". Kovitz respondeu: "Sim, e outros idiotas poderiam apagar essas mudanças ou editá-las para que ficassem melhores".[96]

Quanto à versão de Wales da história, mais tarde ele alegou que ouvira falar de wikis um mês antes do almoço de Sanger com Kovitz. Afinal, as wikis existiam havia mais de quatro anos e eram um tópico de discussão entre os programadores, entre os quais um que trabalhava na BOMIS, Jeremy Rosenfeld, um sujeito grande com um sorriso ainda maior. "Jeremy me mostrou a wiki de Ward em dezembro de 2000 e disse que ela poderia resolver o nosso problema", lembrou Wales, acrescentando que quando Sanger lhe mostrou a mesma coisa, ele respondeu: "Ah, sim, wiki, Jeremy me mostrou isso no mês passado".[97] Sanger contestou essa lembrança, e um desagradável fogo cruzado se seguiu em fóruns de discussão da Wikipedia. Wales por fim tentou baixar a intensidade do tiroteio com um post em que dizia ao colega: "Puxa, fique calmo", mas Sanger continuou a sua batalha contra ele em vários fóruns.[98]

Essa disputa apresenta um caso clássico de desafio para o historiador que escreve sobre criatividade colaborativa: cada protagonista tem uma lembrança diferente de quem fez qual contribuição, com uma tendência natural a inflar a sua própria. Todos já vimos essa propensão muitas vezes em nossos amigos, e talvez até uma ou duas vezes em nós mesmos. Mas é irônico que uma disputa desse tipo marque o nascimento de uma das criações mais colaborativas da história, um site que

foi fundado na crença de que as pessoas estão dispostas a contribuir sem exigir crédito.[h]

Mais importante do que determinar quem merece o crédito é valorizar a dinâmica que ocorre quando as pessoas compartilham ideias. Ben Kovitz, por exemplo, entendeu isso. Ele foi o protagonista que teve a visão mais perspicaz — chame-se de teoria da "abelha na hora certa" — sobre a forma colaborativa como a Wikipedia foi criada. "Algumas pessoas, com o objetivo de criticar ou menosprezar Jimmy Wales, passaram a me chamar de um dos fundadores da Wikipedia, ou mesmo de 'o verdadeiro fundador'", disse ele.

> Eu dei a ideia, mas não fui um dos fundadores. Fui apenas a abelha. Eu havia circulado em torno da flor wiki por um tempo, e depois polinizei a flor da enciclopédia grátis. Conversei com muitas outras pessoas que tiveram a mesma ideia, só que não em momentos ou lugares onde ela poderia criar raízes.[99]

Essa é a maneira como as boas ideias muitas vezes florescem: uma abelha traz metade de uma ideia de um campo e poliniza outro campo fértil cheio de inovações pela metade. É por isso que as ferramentas da web, assim como comer tacos na estrada, são valiosas.

Cunningham foi solidário e na verdade ficou encantado quando Wales lhe telefonou em janeiro de 2001 e lhe disse que planejava usar o software wiki para injetar vida em seu projeto de enciclopédia. Cunningham não procurara patentear ou registrar o software ou o nome wiki, e era um daqueles inovadores que ficava feliz ao ver seus produtos se tornarem ferramentas que qualquer um pudesse usar ou adaptar.

De início, Wales e Sanger conceberam a Wikipedia apenas como um complemento para a Nupedia, uma espécie de produto alimentador ou categoria de baixo de um time. Os artigos wiki, assegurou Sanger aos editores especialistas da Nupedia, seriam relegados a uma seção separada do site e não seriam listados com as páginas normais da Nupedia. "Se um artigo wiki chegasse a um nível elevado, poderia ser incluído no processo editorial normal da Nupedia", ele escreveu num post.[100] Não obstante, os puristas da Nupedia contra-atacaram, insistindo que a Wikipedia fosse mantida segregada, de modo a não contaminar a sabedoria dos experts. O Conselho Consultivo da Nupedia declarou secamente em seu site: "Nota: os processos e políticas editoriais da Wikipedia e da Nupedia são separados; os editores e revisores da Nupedia não endossam necessariamente o projeto da Wikipedia, e os colaboradores da Wikipedia não endossam necessariamente o projeto da Nupedia".[101] Embora não soubessem, os pedantes do sacerdócio da

Nupedia estavam fazendo um favor enorme à Wikipedia ao cortar o cordão umbilical.

Sem amarras, a Wikipedia decolou. Ela se tornou para o conteúdo da web o que o GNU/Linux foi para o software: um bem comum criado de forma colaborativa entre pares e mantido por voluntários que trabalhavam pela satisfação cívica que sentiam. Era um delicioso conceito contrário ao senso comum, perfeitamente adequado à filosofia, à atitude e à tecnologia da internet. Qualquer um poderia editar uma página, e os resultados apareceriam no mesmo instante. Não era preciso ser especialista. Não era preciso mandar por fax uma cópia do diploma. Não era preciso ser autorizado pelos poderes constituídos. Nem sequer era preciso se registrar ou usar o nome verdadeiro. Claro, isso significava que vândalos poderiam arruinar páginas. Assim como os idiotas ou ideólogos. Mas o software mantinha o controle de cada versão. Se um mau texto aparecesse, a comunidade poderia simplesmente se livrar dele, clicando em um link de "reverter". "Imagine um muro onde é mais fácil remover pichações do que acrescentá-las", são as palavras com as quais o estudioso de mídia Clay Shirky explicou o processo. "A quantidade de pichações nesse muro dependeria do empenho dos seus defensores."[102] No caso da Wikipedia, seus defensores estavam ferozmente empenhados. Há poucas guerras mais intensas do que as batalhas de reversão na Wikipedia. E de uma forma um tanto surpreendente, as forças da razão triunfaram sempre.

Um mês após seu lançamento, a Wikipedia tinha mil artigos, cerca de setenta vezes mais do que a Nupedia depois de um ano inteiro. Em setembro de 2001, com oito meses de existência, já contava com 10 mil artigos. Naquele mês, quando ocorreram os ataques do Onze de Setembro, a Wikipedia mostrou sua agilidade e utilidade; os colaboradores se esforçaram para criar novos textos sobre temas como o World Trade Center e seu arquiteto. Um ano mais tarde, o total de artigos chegava a 40 mil, mais do que havia na *World Book Encyclopedia* que a mãe de Wales havia comprado. Em março de 2003, o número de artigos na edição em língua inglesa já atingira 100 mil, com cerca de quinhentos editores ativos que trabalhavam quase todos os dias. Foi quando Wales decidiu fechar a Nupedia.

Fazia um ano que Sanger fora embora. Wales o deixara partir. Eles haviam se estranhado cada vez mais sobre questões fundamentais, como o desejo de Sanger de tratar com mais deferência os especialistas e estudiosos. Na visão de Wales, "as pessoas que esperam deferência porque têm um ph.D. e não querem lidar com gente comum tendem a ser irritantes".[103] Sanger achava, ao contrário, que as massas não acadêmicas é que tendiam a ser irritantes. "Como comunidade, a Wikipedia carece do hábito ou tradição de respeito pela expertise", ele escreveu num manifesto divulgado na véspera do Ano-Novo de 2004, num dos seus muitos ataques à enciclopédia depois de sua saída. "Uma diretriz que tentei instituir no primeiro ano da Wikipedia, mas para a qual não consegui apoio suficiente, foi respeitar e se submeter com educação aos especialistas." Seu elitismo foi rejeitado não apenas por Wales, mas pela comunidade da Wikipedia. "Em consequência, os que têm muito conhecimento mas

pouca paciência vão evitar editá-la", lamentou Sanger.[104]

Ele estava errado. A multidão sem credenciais não espantou os especialistas. Em vez disso, ela própria se especializou, e os especialistas passaram a fazer parte da multidão. Logo no início do desenvolvimento da Wikipedia, eu estava fazendo pesquisas para um livro a respeito de Albert Einstein e notei que o verbete sobre ele afirmava que ele havia viajado à Albânia em 1935, a fim de que o rei Zog pudesse ajudá-lo a escapar dos nazistas, obtendo-lhe um visto para os Estados Unidos. A informação era falsa, embora o trecho incluísse citações de sites albaneses obscuros nos quais isso era proclamado com orgulho, com base numa série de recordações de terceira mão do que o tio de alguém disse uma vez que um amigo lhe contara. Usando tanto o meu nome verdadeiro como um pseudônimo da Wikipedia, apaguei a afirmação do artigo, mas ela reapareceu. Na página de discussão, apresentei as fontes sobre onde Einstein estava de fato no período em questão (Princeton) e qual era o passaporte que estava usando (suíço). Mas tenazes partidários albaneses continuaram a reinserir a reivindicação. O cabo de guerra envolvendo Einstein na Albânia durou semanas. Preocupei-me que a obstinação de alguns defensores apaixonados pudesse minar a confiança da Wikipedia na sabedoria das multidões. Mas depois de um tempo, as guerras de edição acabaram e o artigo já não tinha mais Einstein na Albânia. De início, não atribuí esse sucesso à sabedoria das multidões, já que a pressão pela correção viera de mim, e não da multidão. Então me dei conta de que eu, como milhares de outros, fazia parte da multidão e vez ou outra aumentava um pouquinho a sabedoria dela.

Um princípio fundamental da Wikipedia era que os artigos deveriam ter um ponto de vista neutro. Com isso, conseguiu-se produzir textos que em geral eram sérios e honestos, mesmo sobre temas polêmicos, como o aquecimento global e o aborto. Essa regra também tornou mais fácil a colaboração de pessoas com diferentes pontos de vista. "Em virtude da política de neutralidade, temos adeptos de ideias divergentes que trabalham juntos nos mesmos artigos", explicou Sanger. "Isso é notável."[105] Em geral, a comunidade era capaz de usar a diretriz do ponto de vista neutro para criar um artigo de consenso que apresentava concepções concorrentes de forma neutra. Tornou-se um modelo, raramente imitado, de como as ferramentas digitais podem ser usadas para encontrar um terreno comum numa sociedade em que há controvérsias.

Não apenas os artigos da Wikipedia eram criados de forma colaborativa pela comunidade; o mesmo acontecia com suas práticas operacionais. Wales promoveu um sistema flexível de gestão coletiva, em que ele desempenhava o papel de guia e estimulador gentil, mas não de chefe. Havia páginas wiki em que os usuários podiam formular e debater as regras em conjunto. Por intermédio desse mecanismo, criavam-se diretrizes para lidar com questões como as práticas de reversão, mediação de conflitos, o bloqueio de usuários individuais e a elevação de um grupo seleto ao status de administradores. Todas essas regras surgiram organicamente da comunidade, em

vez de serem ditadas para baixo por uma autoridade central. Tal como a própria internet, o poder era distribuído. "Não posso imaginar quem poderia ter escrito diretrizes tão detalhadas, se não um monte de pessoas trabalhando juntas", refletiu Wales. "É comum na Wikipedia que cheguemos a uma solução que é de fato bem pensada porque muitas cabeças tentaram aperfeiçoá-la."[106]

À medida que crescia organicamente, com seu conteúdo e sua governança brotando das bases, a Wikipedia foi capaz de se espalhar como uma praga. No início de 2014, havia edições em 287 idiomas que iam do africâner ao žemaitška. O número total de artigos era de 30 milhões, com 4,4 milhões na edição em língua inglesa. Em contraste, a *Encyclopædia Britannica*, que deixou de publicar uma edição impressa em 2010, tinha 80 mil artigos em sua edição eletrônica, menos de 2% do número de artigos da Wikipedia. "O esforço acumulado de milhões de colaboradores da Wikipedia significa que você está a um clique de distância de descobrir o que é um infarto do miocárdio, ou qual é a causa da Guerra da Faixa de Agacher, ou quem foi Spangles Muldoon", escreveu Clay Shirky. "Trata-se de um milagre não planejado, como 'o mercado' decidir quanto pão terá a padaria. A Wikipedia, no entanto, é ainda mais estranha do que o mercado: não só todo o seu material vem de colaboração gratuita como está disponível de graça."[107] O resultado foi o maior projeto colaborativo de conhecimento da história.

Então, por que as pessoas colaboram? O professor Yochai Benkler, de Harvard, chamou a Wikipedia, junto com o software de código aberto e outros projetos de colaboração gratuita, de exemplos de "produção entre pares baseada no bem comum". Ele explicou: "Sua característica central é que grupos de indivíduos colaboram em projetos de grande escala seguindo um conjunto diversificado de impulsos motivacionais e sinais sociais, em vez de preços de mercado ou ordens gerenciais".[108] Entre essas motivações estão a recompensa psicológica de interagir com outros e a gratificação pessoal de fazer uma tarefa útil. Todos temos nossos pequenos prazeres, como colecionar selos ou defender de maneira obstinada a boa gramática, saber a média de rebatidas de Jeff Torborg no campeonato universitário ou a ordem de batalha em Trafalgar. Todos esses indivíduos encontram um lar na Wikipedia.

Há em ação algo fundamental, quase primordial. Alguns wikipedistas chamam de "wiki-crack". É a descarga de dopamina que parece atingir o centro de prazer do cérebro quando você faz uma edição inteligente e ela aparece no mesmo instante em um artigo da Wikipedia. Até pouco tempo atrás, ser publicado era um prazer ao alcance apenas de um grupo seleto. A maioria dos que estão nessa categoria lembra a emoção de ver suas palavras aparecem em público pela primeira vez. A Wikipedia, como os blogs, tornou esse prazer disponível a qualquer pessoa. Não é preciso ser credenciado ou ungido pela elite da mídia.

Por exemplo, muitos dos seus artigos sobre a aristocracia britânica foram escritos em grande parte por um usuário conhecido como Lord Emsworth. Eram tão perspicazes sobre os meandros do sistema de nobreza que alguns foram apresentados como o "Artigo em Destaque", e Lord Emsworth ganhou prestígio e se tornou um administrador da Wikipedia. Descobriu-se depois que Lord Emsworth, nome tirado de romances de P. G. Wodehouse, era, na verdade, um garoto de dezesseis anos, de South Brunswick, Nova Jersey. Na Wikipedia, ninguém sabe que você é plebeu.[109]

Ligada a isso está a satisfação ainda mais profunda que vem de ajudar a criar as informações que usamos, em vez de simplesmente recebê-las de forma passiva. "O envolvimento das pessoas na informação que leem é um importante fim em si mesmo", escreveu o professor Jonathan Zittrain, de Harvard.[110] A Wikipedia que criamos em comum é mais significativa do que seria a mesma Wikipedia entregue a nós numa bandeja. A produção entre pares abre espaço para que as pessoas se engajem.

Jimmy Wales repetia com frequência uma missão simples e inspiradora para a Wikipedia: "Imagine um mundo em que cada pessoa no planeta ganha livre acesso à soma de todo o conhecimento humano. É isso que estamos fazendo". Era um objetivo enorme, audacioso e meritório. Mas subestimava muito o que a Wikipedia fazia. Significava mais do que "dar" às pessoas acesso livre ao conhecimento; dizia respeito a capacitá-las de uma forma nunca antes vista na história para tomar parte do processo de criação e distribuição de conhecimento. Wales se deu conta disso depois. "A Wikipedia não permite apenas o acesso ao conhecimento de outras pessoas, mas também o compartilhamento do conhecimento de cada um", disse ele. "Quando você ajuda a construir uma coisa, você é dono dela, está comprometido com ela. Isso é muito mais gratificante do que recebê-la de cima para baixo."[111]

A Wikipedia fez o mundo dar um passo adiante no sentido da visão proposta por Vannevar Bush em seu ensaio "As We May Think", de 1945, que previa que "formas novas de enciclopédias aparecerão, já trazendo uma malha de trilhas associativas dentro delas, prontas para serem jogadas no memex e ali amplificadas". Ela também remete a Ada Lovelace, que afirmou que as máquinas seriam capazes de fazer quase tudo, exceto pensar por conta própria. A Wikipedia não diz respeito à construção de uma máquina que poderia pensar por conta própria. É antes um exemplo deslumbrante de simbiose homem-máquina, a sabedoria dos seres humanos e o poder de processamento dos computadores entretecidos como numa tapeçaria. Em 2011, quando Wales e sua nova esposa tiveram uma filha, batizaram-na de Ada, em homenagem a Lady Lovelace.[112]

LARRY PAGE, SERGEY BRIN E SEARCH

Quando Justin Hall criou sua excêntrica home page em janeiro de 1994,

existiam apenas setecentos websites no mundo. No fim daquele ano, havia 10 mil e, no final do ano seguinte, 100 mil. A combinação de computadores pessoais e redes levou a algo espantoso: qualquer um poderia obter conteúdos de qualquer lugar e distribuir seu próprio conteúdo para todos os lugares. Mas para que esse universo em expansão fosse útil, era preciso encontrar uma forma fácil, uma interface homem-computador-rede simples, que permitisse às pessoas encontrar o que precisavam.

As primeiras tentativas de fazer isso foram os guias compilados à mão. Alguns eram bizarros e frívolos, como o Links do Subsolo de Justin e as Páginas Inúteis, lista criada por Paul Phillips. Outros eram sóbrios e sérios, como a Biblioteca Virtual da World Wide Web, de Tim Berners-Lee, e a página "O Que Há de Novo", do NCSA, bem como o Navegador da Rede Global, de Tim O'Reilly. Entre esses dois extremos, e levando o conceito a um novo nível, estava um site criado no início de 1994 por dois estudantes de pós-graduação de Stanford, que se chamou, em uma de suas muitas encarnações iniciais, Guia da Web de Jerry e David.

Quando estavam terminando suas teses de doutorado, Jerry Yang e David Filo procrastinavam jogando Fantasy League Basketball. "Fazíamos tudo o que podíamos para não escrever nossas teses", relembrou Yang.[113] Ele passava o tempo desenvolvendo maneiras de esquadrinhar estatísticas de jogadores de servidores que usavam FTP e Gopher, dois protocolos de distribuição de documentos na internet que eram populares antes da ascensão da web.

Quando o navegador Mosaic foi lançado, Yang voltou sua atenção para a web e, junto com Filo, começou a compilar manualmente um guia cada vez maior de sites. Era organizado por categorias, tais como negócios, educação, entretenimento, governo, cada um com dezenas de subcategorias. No final de 1994, eles já haviam mudado o nome de seu guia da web para "Yahoo!".

Havia um problema óbvio: com o número de sites aumentando dez vezes a cada ano, não havia como manter um guia atualizado à mão. Por sorte, existia uma ferramenta que já estava sendo usada para esquadrinhar informações existentes nos sites FTP e Gopher. Era chamada de *crawler* [rastejador], porque se arrastava de servidor em servidor da internet para compilar um índice. Os nomes dos dois mais famosos eram, como o casal dos quadrinhos, Archie (para arquivos FTP) e Veronica (para o Gopher). Em 1994, vários engenheiros empreendedores já estavam criando *crawlers* que serviriam de ferramentas de pesquisa para a web. Entre eles estavam o WWW Wanderer, criado por Matthew Gray no MIT, o WebCrawler, de Brian Pinkerton, da Universidade de Washington, o AltaVista, de Louis Monier, da Digital Equipment Corporation, o Lycos, de Michael Mauldin, da Universidade Carnegie Mellon, o OpenText, de uma equipe da Universidade de Waterloo, no Canadá, e o Excite, de seis amigos de Stanford. Todos usavam robôs saltadores de links, ou *bots*, capazes de percorrer a web como um bebedor indo de bar em bar, captando URLs e informações sobre cada site. Isso era então marcado, indexado e guardado em um banco de dados que podia ser acessado por um servidor de consulta.

Filo e Yang não fizeram seu próprio rastreador da web; em vez disso, decidiram obter a licença de um deles para adicionar à sua home page. O Yahoo! continuou a enfatizar a importância de seu guia, que era compilado por seres humanos. Quando um usuário digitava uma expressão, os computadores do Yahoo! verificavam se ela tinha relação com um item do guia e, se tivesse, a lista artesanal de sites aparecia. Se não, a consulta era transferida para a ferramenta de rastreamento da web.

A equipe do Yahoo! acreditava, erroneamente, que a maioria dos usuários navegaria pela web para explorar, em vez de procurar algo específico. "A mudança de exploração e descoberta para a pesquisa intencional de hoje era inconcebível", lembrou Srinija Srinivasan, a primeira editora-chefe do Yahoo!, que supervisionava uma redação de mais de sessenta jovens editores e compiladores de guias.[114] Essa confiança no fator humano significou que o Yahoo! viria a ser muito melhor do que seus concorrentes ao longo dos anos (e ainda hoje) na escolha de notícias, embora não no fornecimento de ferramentas de busca. Mas não havia como Srinivasan e sua equipe acompanhar o número de páginas da web que estavam sendo criadas. Apesar do que ela e seus colegas do Yahoo! achavam, as ferramentas de busca automatizadas viriam a ser o principal método para encontrar coisas na rede, e outra dupla de estudantes de pós-graduação de Stanford abriria o caminho.

Larry Page nasceu e cresceu no mundo da computação.[115] Seu pai era professor de ciência da computação e inteligência artificial na Universidade de Michigan e sua mãe lecionava programação na mesma instituição. Em 1979, quando Larry tinha seis anos, seu pai trouxe para casa um Exidy Sorcerer, um computador pessoal para hobbistas.[i] "Eu me lembro de ter ficado muito empolgado com um computador em casa, porque era um acontecimento, e provavelmente era caro, meio como comprar um carro", contou.[116] Larry logo aprendeu a manejá-lo e usá-lo para seus trabalhos escolares. "Acho que fui o primeiro garoto da minha escola primária a entregar um documento feito num processador de texto."[117]

Um de seus heróis de infância foi Nikola Tesla, o imaginativo pioneiro da eletricidade e outras invenções que foi atropelado nos negócios por Thomas Edison e morreu na obscuridade. Quando tinha doze anos, Page leu uma biografia de Tesla e achou sua história perturbadora. "Ele foi um dos maiores inventores, mas é uma história triste, triste", disse.

> Ele não conseguia comercializar nada, mal conseguia financiar sua própria pesquisa. A gente quer ser mais como Edison. Se você inventa uma coisa, isso não significa necessariamente ajudar alguém. Você tem de pô-la no mundo; você tem de produzir, ganhar dinheiro fazendo isso para que possa financiá-

la.[118]

Os pais de Larry costumavam levá-lo, junto com seu irmão Carl, em viagens longas, às vezes para conferências de informática. "Acho que acabei visitando quase todos os estados antes de ir para a faculdade", observou. Em uma dessas viagens, foram para a Conferência Internacional Conjunta sobre Inteligência Artificial, em Vancouver, que estava repleta de robôs maravilhosos. Como ele tinha menos de dezesseis anos, disseram-lhe que não poderia entrar, mas seu pai insistiu. "Ele simplesmente gritou com os caras. Foi uma das poucas vezes que vi meu pai discutir."[119]

Como acontecia com Steve Jobs e Alan Kay, o outro amor de Larry, além dos computadores, era a música. Ele tocava saxofone e estudou composição. Nos verões, ia para o famoso acampamento de música em Interlochen, no norte de Michigan. Lá havia um método de avaliação coletiva de cada criança: no início do acampamento, atribuíam-se a todas elas cadeiras na orquestra, e qualquer uma poderia desafiar quem ocupava um lugar acima do seu; dava-se aos dois concorrentes uma seleção de músicas, e todas as outras crianças ficavam de costas e depois votavam em quem achavam melhor. "Após um tempo, as coisas meio que se acalmavam, e cada saberia onde estava", contou ele.[120]

Os pais de Page não só lecionavam em Michigan como se conheceram quando eram estudantes lá, então era meio de brincadeira quando lhe diziam que ele iria para lá também. Assim foi. Ele fez questão de se especializar em administração e também em ciência da computação, em parte devido ao exemplo negativo de Tesla, que era capaz de inventar, mas não de comercializar. Além disso, ele tinha um modelo no irmão Carl, nove anos mais velho, que depois da faculdade se tornou um dos fundadores de uma empresa de rede social que mais tarde foi vendida ao Yahoo! por 413 milhões de dólares.

O curso que causou a maior impressão em Page tratava da interação ser humano-computador, dado por Judith Olson. O objetivo era entender como criar interfaces que fossem fáceis e intuitivas. Page fez seu trabalho de pesquisa sobre a tela do programa para contas de e-mail Eudora, estimando e depois testando quanto tempo seria necessário para executar várias tarefas. Ele descobriu, por exemplo, que as teclas de comando diminuíam o ritmo das pessoas em 0,9 segundo em relação ao uso de um mouse. "Acho que desenvolvi uma intuição para como as pessoas vão interagir com uma tela, e me dei conta de que essas coisas eram bem importantes", disse ele. "Mas elas não são bem compreendidas até hoje."[121]

Um verão, durante seus anos de faculdade, Page foi a um acampamento de um instituto de formação de lideranças chamado LeaderShape. Ele incentivava os estudantes a ter um "desrespeito saudável pelo impossível". O instituto inculcou-lhe um desejo, ao qual usaria no Google, de lançar projetos que outros considerassem estar na fronteira entre o audacioso e o insano. Em particular, tanto em Michigan

como mais tarde, ele propôs ideias futuristas para sistemas de transporte pessoais e carros sem motorista.[122]

Quando chegou a hora de ir para a pós-graduação, Page foi rejeitado pelo MIT, mas aceito por Stanford. Foi uma sorte; para alguém interessado na interseção entre tecnologia e negócios, Stanford era o lugar certo. Nessa universidade, desde que seu aluno Cyril Elwell fundara a Federal Telegraph, em 1909, o empreendedorismo tecnológico não só era tolerado como esperado, atitude que foi reforçada quando o diretor da escola de engenharia Fred Terman construiu um parque industrial em um terreno da instituição, no início da década de 1950. Mesmo entre o corpo docente, o foco estava em planos de novos negócios tanto quanto em publicações acadêmicas. "Esse era o tipo de professor que eu queria, aquele que tem um pé na indústria e quer fazer coisas malucas inovadoras", disse Page. "Muitos professores de ciência da computação de Stanford são assim."[123]

Na época, a maioria das outras universidades de elite enfatizava a pesquisa acadêmica e evitava empreendimentos comerciais. Stanford abriu o caminho para considerar a universidade não apenas uma academia, mas uma incubadora. Entre as empresas geradas por Stanford estão Hewlett-Packard, Cisco, Yahoo! e Sun Microsystems. Page, que acabaria por adicionar o maior nome de todos a essa lista, achava que, na realidade, essa perspectiva melhorava a pesquisa. "Penso que a produtividade da pesquisa pura era muito maior porque tinha uma base no mundo real", afirmou. "Não é apenas teoria. Você quer que aquilo em que está trabalhando se aplique a um problema real."[124]

No outono de 1995, quando se preparava para se matricular em Stanford, Page participou de um programa de orientação, que incluía um dia em San Francisco. Seu guia era um sociável estudante de segundo ano de pós-graduação chamado Sergey Brin. Page era quieto por natureza, enquanto Brin não parava de dar opiniões, e logo eles estavam discutindo sobre temas que iam de computadores a zoneamento urbano. Deram-se perfeitamente bem. "Eu me lembro de ter pensado que ele era muito irritante", admitiu Page. "Esse ainda é o caso. E talvez vice-versa."[125] Sim, o sentimento era mútuo. "Nós dois nos achamos irritantes", Brin admitiu. "Mas a gente diz isso um pouco de brincadeira. Claro, passamos muito tempo conversando um com o outro, então havia alguma coisa ali. Tínhamos entre nós uma coisa de tirar sarro."[126]

Os pais de Sergey Brin também eram acadêmicos, ambos matemáticos, mas sua infância fora muito diferente da de Page. Brin nasceu em Moscou, onde o pai lecionava matemática na Universidade Estadual de Moscou e a mãe era engenheira de pesquisa no Instituto Soviético de Petróleo e Gás. Por serem judeus, suas carreiras foram cortadas. "Éramos muito pobres", contou Sergey ao jornalista Ken Auletta. "Meus pais, os dois, passaram por períodos de dificuldades." Quando seu pai se

candidatou a emigrar, ele e a esposa perderam o emprego. Seus vistos de saída foram concedidos em maio de 1979, quando Sergey tinha cinco anos. Com o auxílio da Sociedade de Ajuda ao Imigrante Hebreu, eles se instalaram num bairro de classe operária perto da Universidade de Maryland, onde seu pai conseguiu emprego de professor de matemática, enquanto sua mãe se tornou pesquisadora no Centro de Voo Espacial Goddard da Nasa.

Sergey foi para uma escola que seguia o método Montessori, onde o pensamento independente era estimulado. "Não havia alguém que lhe dissesse o que fazer", contou ele. "Você tinha de traçar seu próprio caminho."[127] Eis uma coisa que compartilhava com Page. Quando perguntados mais tarde se o fato de terem pais professores fora uma chave para o sucesso deles, ambos citaram as escolas montessorianas como fator mais importante. "Acho que foi parte daquele treinamento de não seguir regras e ordens e ter motivação própria, questionar o que está acontecendo no mundo e fazer as coisas de um modo um pouco diferente", sustentou Page.[128]

Outra coisa que Brin tinha em comum com Page era que seus pais lhe deram um computador quando ele era muito jovem, um Commodore 64, presente de seu aniversário de nove anos. "A capacidade de programar seu próprio computador era muito mais acessível do que é hoje", lembrou. "O computador vinha com um interpretador BASIC embutido,[j] e você podia começar imediatamente a escrever seus próprios programas." No ensino médio, Brin e um amigo escreveram programas que tentavam simular a inteligência artificial, através da realização de uma conversa de texto com o usuário. "Não creio que as crianças que começam com computadores hoje tenham uma recepção de boas-vindas à programação como a que tive."[129]

Sua atitude rebelde em relação à autoridade quase o pôs em apuros quando estava completando dezessete anos e seu pai o levou consigo numa visita a Moscou. Ao ver um carro da polícia, o rapaz começou a jogar pedras nele. Os dois policiais saíram do carro para enfrentar Sergey, mas seus pais conseguiram acalmar a situação. "Acho que minha rebeldia vem de eu ter nascido em Moscou. Eu diria que isso é algo que me seguiu até a idade adulta."[130]

Entre os livros que inspiraram Brin estavam as memórias do físico Richard Feynman, que alardeava o poder que vem de unir a arte à ciência à maneira de Leonardo da Vinci. "Lembro-me de que havia um trecho em que ele explicava que queria realmente ser um Leonardo, artista e cientista", contou Brin. "Achei isso muito inspirador. Acredito que isso leva a uma vida plena."[131]

Ele foi capaz de concluir o ensino médio em três anos e fazer o mesmo na Universidade de Maryland, onde se graduou em matemática e ciência da computação. Durante um tempo, com seus colegas viciados em computador, curtiu frequentar *bulletin boards* e salas de bate-papo da internet, até que se aborreceu com "meninos de dez anos de idade tentando falar sobre sexo". Envolveu-se então em jogos on-line de texto conhecidos como Multi-User Dungeons (MUD) e escreveu um desses, que

tinha como personagem um carteiro que entregava pacotes de explosivos. "Passei tempo suficiente jogando MUD para pensar que era legal", Brin relembrou.[132] Na primavera de 1993, seu último ano em Maryland, ele baixou o navegador Mosaic, que Andreessen tinha acabado de lançar, e ficou hipnotizado pela web.

Com uma bolsa da Fundação Nacional das Ciências, Brin foi para Stanford, onde decidiu se concentrar no estudo de *data mining* [mineração de dados]. (Em um golpe duplo, dado mais em si mesmo do que neles, o MIT o rejeitou, assim como fizera com Page.) Havia oito exames abrangentes em que Brin precisava passar para fazer o doutorado, e ele tirou A em sete deles logo depois que chegou. "Naquele em que achei que tinha ido melhor, não passei", lembrou. "Procurei o professor e discuti as respostas. Acabei por convencê-lo. Então, passei em todos os oito."[133] Isso o deixou livre para experimentar os cursos que quisesse e para saciar seus peculiares interesses esportivos em acrobacia, trapézio, vela, ginástica e natação. Era capaz de andar sobre as mãos e, por isso, segundo ele, chegou a pensar em fugir e entrar para um circo. Também ávido patinador, era visto com frequência voando pelos corredores.

Poucas semanas depois que Page chegou a Stanford, ele e Brin se mudaram com o resto do Departamento de Ciência da Computação para o novo Gates Computer Science Building.[k] Contrariado com o sistema de numeração para escritórios nada inspirado que o arquiteto desenhara, Brin concebeu um novo sistema, que foi adotado e que transmitia melhor a localização de cada sala e a distância entre elas. "Era muito intuitivo, me atrevo a dizer", disse.[134] Para Page foi designada uma sala com outros três estudantes de pós-graduação, e Brin fez dela sua base. Havia plantas penduradas com um sistema de regas com controle informatizado, um piano conectado a um computador, vários brinquedos eletrônicos e almofadas para cochilos e para atravessar noites.

A dupla inseparável ficou ligada, ao estilo CamelCase, como LarryAndSergey, e quando se entregavam a discussões ou brincadeiras, eram como duas espadas se afiando uma à outra. Tamara Munzner, a única mulher do grupo, tinha uma definição para ele: "patetas inteligentes", assim ela os chamava, sobretudo quando passavam a debater conceitos absurdos, como, por exemplo, se seria possível construir alguma coisa do tamanho de um prédio usando apenas feijões-de-lima. "Era divertido compartilhar o escritório com eles", contou. "Nosso horário de trabalho era maluco. Lembro-me de uma vez, eram três da manhã de uma noite de sábado e a sala estava cheia."[135] A dupla era notável não só por seu brilhantismo como por sua ousadia. "Eles não tinham esse falso respeito pela autoridade", disse o professor Rajeev Motwani, um de seus orientadores. "Eles me contestavam o tempo todo. Não tinham nenhum escrúpulo em me dizer 'Você está por fora!'."[136]

Como muitos grandes parceiros de inovação, LarryAndSergey tinham

personalidades complementares. Page não era um animal social; tinha mais facilidade para fazer contato visual com uma tela do que com um estranho. Um problema crônico nas cordas vocais, decorrente de uma infecção viral, fazia com que falasse com uma voz sussurrante e rouca, e tinha o hábito desconcertante (embora, sob muitos aspectos, admirável) de, às vezes, simplesmente não falar, o que tornava suas declarações, quando ocorriam, ainda mais memoráveis. Sua capacidade de se desligar era impressionante, mas às vezes seu envolvimento era intenso. O sorriso era rápido e genuíno, o rosto, expressivo, e ele escutava com uma atenção que podia ser lisonjeira e enervante. Intelectualmente rigoroso, conseguia encontrar falhas lógicas nos comentários mais mundanos e conduzir sem esforço uma conversa superficial para uma discussão profunda.

Brin, por sua vez, era capaz de ser encantadoramente impetuoso. Invadia escritórios sem bater, expunha ideias e pedidos sem pensar e se envolvia em qualquer assunto. Page era mais reflexivo e reservado. Enquanto Brin se satisfazia ao saber que alguma coisa funcionava, Page ruminava sobre por que ela funcionava. O animado e falante Brin dominava um ambiente, mas os comentários tranquilos de Page no final de uma discussão faziam as pessoas se inclinar para a frente e ouvir. "Eu era provavelmente um pouco mais tímido do que Sergey, embora ele seja tímido em alguns aspectos", observou Page. "Tínhamos uma grande parceria, talvez porque eu pensasse de forma mais ampla e tivesse habilidades diferentes. Sou engenheiro de computação. Estou mais bem informado sobre o hardware. Ele tem uma formação mais matemática."[137]

O que espantava Page em especial era a inteligência do colega. "Quer dizer, ele era inteligente demais, mesmo para alguém no Departamento de Ciência da Computação." Além disso, a personalidade extrovertida de Brin o ajudava a unir pessoas. Quando chegou a Stanford, Page ganhou uma mesa em uma sala aberta conhecida como o curral, junto com os outros novos alunos de pós-graduação. "Sergey era muito sociável", contou. "Ele se encontrava com todos os estudantes e passava um tempo no curral com a gente." Brin tinha até um talento especial para fazer amizade com professores.

> Sergey tinha um jeito de entrar nos escritórios dos professores e andar com eles, o que era meio incomum para um estudante de pós-graduação. Acho que o toleravam porque ele era muito inteligente e bem informado. Era capaz de contribuir em todos os tipos de coisas aleatórias.[138]

Page entrou no Grupo de Interação Humano-Computador, que explorava maneiras de aumentar a simbiose entre seres humanos e máquinas. Tratava-se do campo aberto por Licklider e Engelbart, e que fora o tema de seu curso preferido em Michigan. Ele se tornou adepto do conceito de design centrado no usuário, que

insistia que as interfaces de softwares e computadores deviam ser intuitivas e que o usuário sempre tinha razão. Havia ido para Stanford sabendo que queria ter como orientador Terry Winograd, um alegre professor com cabeleira à la Einstein. Winograd havia estudado inteligência artificial, mas depois de refletir sobre a essência da cognição humana, mudara seu foco, tal como Engelbart o fizera, para o modo como as máquinas poderiam aumentar e amplificar (em vez de replicar e substituir) o pensamento humano. "Mudei meu interesse daquilo que seria considerado inteligência artificial para uma questão mais ampla: 'Como você quer interagir com um computador?'", explicou Winograd.[139]

O campo das interações entre seres humanos e computador e do design de interface, apesar de sua nobre herança de Licklider, ainda era considerado uma disciplina de ciências humanas, desprezada por cientistas inflexíveis da computação como coisa em geral ensinada por meros professores de psicologia, o que Licklider e Judith Olson haviam sido outrora. "Para as pessoas que estudavam máquinas de Turing ou qualquer outra coisa, lidar com respostas humanas era considerado muito água com açúcar, quase como estar enfiado na área de humanidades", explicou Page. Winograd ajudou a tornar o campo mais respeitável.

> Terry tinha uma formação em ciência exata da computação do tempo em que trabalhara com inteligência artificial, mas também estava interessado na interação entre ser humano e computador, um campo em que ninguém mais estava trabalhando e, acho, não era muito respeitado.

Um dos cursos preferidos de Page foi "Técnica de Cinema no Design de Interface de Usuário": "Mostrava como a linguagem e as técnicas do cinema podiam ser aplicadas aos projetos de interface de computador".[140]

O objetivo acadêmico de Brin era o *data mining*. Com o professor Motwani, criou um grupo chamado Mining Data at Stanford, ou MIDAS. Entre os trabalhos que eles produziram (junto com outro estudante de pós-graduação, Craig Silverstein, que se tornaria o primeiro contratado quando fundaram o Google) estavam dois sobre análise de cesta de compras, uma técnica que avalia em que medida é mais ou menos provável que um consumidor que compra os itens A e B também compre os C e D.[141] A partir disso, Brin se interessou pelos modos de analisar padrões na cacofonia de dados encontrados na web.

Com a ajuda de Winograd, Page começou a procurar um tema de dissertação. Considerou uns dez, entre eles a ideia sobre como projetar carros sem motorista, como o Google faria mais tarde. Por fim, resolveu estudar um modo de avaliar a importância relativa de diferentes sites na web. Seu método decorreu do fato de ter

crescido em um ambiente acadêmico. Um critério que determina o valor de um trabalho acadêmico é saber quantos outros pesquisadores o citam em suas notas e bibliografias. Pela mesma teoria, uma forma de determinar o valor de uma página da web seria verificar quantas outras páginas estabeleciam links para ela.

Havia um problema. Do modo como Tim Berners-Lee havia projetado a web, para grande consternação dos puristas do hipertexto, como Ted Nelson, qualquer um podia criar um link para outra página sem obter permissão, registrar o link em um banco de dados ou fazer o link funcionar em ambas as direções. Isso permitia que a web se expandisse sem peias. Mas também significava que não havia nenhuma maneira simples de saber o número de links que apontavam para uma página ou de onde esses links poderiam vir. Era possível olhar para uma página e ver todos os links para fora dela, mas não se via o número ou a qualidade dos links que apontavam para ela. "A web era uma versão mais pobre de outros sistemas de colaboração que eu havia visto, porque seu hipertexto tinha um defeito: não tinha links bidirecionais", disse Page.[142]

Então ele começou a buscar um modo de reunir uma enorme base de dados dos links para que pudesse segui-los no sentido inverso e ver quais sites estavam linkando para cada página. Uma motivação era promover a colaboração. Seu plano possibilitaria que as pessoas fizessem anotações em outra página. Se Harry tinha escrito um comentário e o linkado para o site de Sally, então as pessoas que olhassem o site dela poderiam ir ver o comentário dele. "Ao inverter os links, tornando possível rastreá-los para trás, isso permitiria que as pessoas comentassem ou anotassem em um site simplesmente linkando para ele", explicou Page.[143]

O método de Page para reverter links se baseou numa ideia audaciosa que ele teve no meio da noite, ao acordar de um sonho. "Eu estava pensando: e se pudéssemos baixar toda a web e manter apenas os links?", lembrou. "Peguei uma caneta e comecei a escrever. Passei metade daquela noite escrevendo os detalhes e me convencendo de que iria funcionar."[144] Seu surto noturno de atividade serviu como lição. "Você tem de ser um pouco insensato a respeito dos objetivos que vai estabelecer", ele disse mais tarde a um grupo de estudantes israelenses. "Há uma frase que aprendi na faculdade que diz: 'Tenha um desrespeito saudável pelo impossível'. É de fato uma boa frase. Você deve tentar fazer coisas que a maioria das pessoas não tentaria."[145]

Mapear a web não era tarefa simples. Mesmo naquela época, em janeiro de 1996, havia 100 mil sites com um total de 10 milhões de documentos e perto de 1 bilhão de links entre eles, e isso crescia a cada ano de maneira exponencial. No início daquele verão, Page criou um rastreador da web projetado para começar em sua página inicial e seguir todos os links que encontrasse. Ao percorrer a rede como uma aranha, ele armazenaria o texto de cada hiperlink, os títulos das páginas e um registro de onde vinha cada link. Ele chamou o projeto de BackRub.

Page disse a Winograd, seu orientador, que de acordo com sua estimativa o

rastreador da web seria capaz de realizar a tarefa em poucas semanas. "Terry concordou, sabedor de que levaria muito mais tempo, mas sábio o suficiente para não me dizer isso", Page lembrou. "O otimismo dos jovens é muitas vezes subestimado!"[146] Em breve, o projeto estava ocupando quase metade de toda a largura de banda de internet de Stanford, o que causou pelo menos um apagão nos computadores de todo o campus. Mas as autoridades da universidade foram indulgentes. "Estou quase sem espaço em disco", Page escreveu por e-mail a Winograd em 15 de julho de 1996, depois de ter coletado 24 milhões de URLs e mais de 100 milhões de links. "Tenho apenas cerca de 15% das páginas, mas parece muito promissor."[147]

Tanto a audácia como a complexidade do projeto de Page atraíram a mente matemática de Sergey Brin, que estava à procura de um tema de dissertação. Ele ficou empolgado ao unir forças com o amigo: "Era o projeto mais excitante, tanto porque abordava a web, que representa o conhecimento humano, como porque eu gostava de Larry".[148]

Naquele momento, o objetivo do BackRub ainda era compilar os *backlinks* na web que serviriam de base para um possível sistema de anotação e análise de citação. "Por incrível que pareça, eu não pensava em criar uma ferramenta de busca", admitiu Page. "A ideia não estava nem mesmo no radar." À medida que o projeto evoluiu, ele e Brin inventaram formas mais sofisticadas para avaliar o valor de cada página, com base no número e na qualidade dos links que apontavam para ela. Foi quando ficou claro para os BackRub Boys que seu índice de páginas classificadas por importância poderia ser a base para um mecanismo de pesquisa de alta qualidade. Assim nasceu o Google. "Quando um sonho realmente grande aparece, agarre-o!", disse Page mais tarde.[149]

De início, o projeto revisado foi chamado de PageRank, porque classificava cada página capturada no índice BackRub e, não por acaso, aproveitava o humor irônico e um toque de vaidade de Page. "Sim, eu estava me referindo a mim mesmo, infelizmente", ele admitiu depois, envergonhado. "Eu me sinto meio mal por causa disso."[150]

Essa meta de classificar páginas levou a mais uma camada de complexidade. Em vez de apenas tabular o número de links que apontavam para uma página, Page e Brin perceberam que seria ainda melhor se eles também pudessem atribuir um valor a cada um desses links. Por exemplo, um link que viesse do *New York Times* deveria contar mais do que um link do quarto de Justin Hall em Swarthmore. Isso criava um processo recursivo com múltiplas formas de feedback: cada página era classificada pela quantidade e pela qualidade dos links para ela, e a qualidade desses links era determinada pela quantidade e pela qualidade dos links para as páginas que lhes tinham dado origem, e assim por diante. "É tudo recursivo", explicou Page. "É tudo

um grande círculo. Mas a matemática é ótima. Pode-se resolver isso."[151]

Esse era o tipo de complexidade matemática de que Brin gostava. "Na verdade, usamos muita matemática para resolver aquele problema", ele relembrou. "Convertemos toda a web em uma grande equação com várias centenas de milhões de variáveis, que são as classificações de páginas de todas as páginas da web."[152] Em um artigo escrito com os orientadores de ambos, eles explicaram as complexas fórmulas matemáticas baseadas na quantidade de links de entrada que tinha uma página e a classificação relativa de cada um desses links. Depois, puseram essas fórmulas em palavras simples para o leigo: "Uma página tem uma classificação alta se a soma das classificações de seus *backlinks* é alta. Isso abrange tanto o caso em que uma página tem muitos *backlinks* como aquele em que uma página tem alguns *backlinks* altamente classificados".[153]

A pergunta de bilhões de dólares era se o PageRank produziria de fato melhores resultados de pesquisa. Então eles fizeram um teste comparativo. Um exemplo que usaram foi uma pesquisa sobre *universidade*. No AltaVista e outras ferramentas, aparecia uma lista de páginas aleatórias que talvez usassem essa palavra no título. "Lembro-me de ter perguntado a eles: 'Por que vocês estão dando lixo às pessoas?'", disse Page. A resposta que recebeu foi que os maus resultados eram culpa dele, que ele deveria refinar sua pesquisa.

> Eu tinha aprendido no meu curso de interação ser humano-computador que culpar o usuário não é uma boa estratégia, portanto sabia que eles não estavam fazendo a coisa certa. Essa percepção de que o usuário nunca está errado levou à ideia de que poderíamos produzir uma ferramenta de busca que fosse melhor.[154]

Com o PageRank, os principais resultados de uma pesquisa sobre *universidade* foram Stanford, Harvard, MIT e Universidade de Michigan, o que lhes agradou muitíssimo. "Uau", Page lembra de ter dito para si mesmo. "Ficou muito claro para mim e para o resto do grupo que se você tivesse uma forma de classificar as coisas baseada não só na própria página, mas no que o mundo pensava dessa página, isso seria uma coisa realmente valiosa para a pesquisa."[155]

Page e Brin começaram a refinar o PageRank, adicionando mais fatores, tais como frequência, tamanho do tipo e localização de palavras-chave numa página da web. Acrescentavam pontos extras se a palavra-chave estava no URL, tinha inicial maiúscula ou estava no título. Eles olhavam para cada conjunto de resultados, depois faziam ajustes e aperfeiçoavam a fórmula. Descobriram que era importante dar muito peso ao texto âncora, as palavras que eram sublinhadas como hiperlink. Por exemplo,

as palavras *Bill Clinton* eram o texto âncora para muitos links que levavam a whitehouse.gov, então essa página ia para o topo quando um usuário pesquisava *Bill Clinton*, embora o site whitehouse.gov não tivesse o nome de Bill Clinton com destaque em sua home page. Um concorrente, pelo contrário, tinha "Bill Clinton Piada do Dia", como primeiro resultado quando um usuário pesquisava *Bill Clinton*.[156]

Em parte devido ao enorme número de páginas e links envolvidos, Page e Brin chamaram sua ferramenta de busca de Google, embora quisessem, na verdade, chamá-la de *googol*, o termo para o número 1 seguido de cem zeros, que foi uma sugestão de Sean Anderson, um de seus colegas de escritório em Stanford. Mas eles digitaram *Google* para ver se esse nome de domínio estava disponível, e estava. Então Page o agarrou. "Não tenho certeza se percebemos que havíamos cometido um erro de ortografia", Brin disse mais tarde. "Mas, de qualquer maneira, *googol* estava tomado. Um sujeito já havia registrado Googol.com e tentei comprá-lo dele, mas o cara era apaixonado pela palavra. Então ficamos com Google."[157] Era uma palavra lúdica, fácil de lembrar, digitar e transformar em verbo.[l]

Page e Brin se esforçaram para fazer o Google melhor de duas maneiras. Em primeiro lugar, mobilizaram muito mais largura de banda, capacidade de processamento e capacidade de armazenamento para a tarefa do que qualquer concorrente, acelerando seu rastreador da web de tal modo que ele indexava cem páginas por segundo. Além disso, estudavam sem parar o comportamento do usuário, para que pudessem ajustar constantemente seus algoritmos. Se os usuários clicassem no primeiro resultado e depois não voltassem à lista de resultados, significava que tinham conseguido o que queriam. Mas se fizessem uma pesquisa e voltassem de imediato para refazer a consulta, significava que estavam insatisfeitos, e os engenheiros deveriam descobrir, examinando a consulta refinada, o que eles estavam procurando em primeiro lugar. Sempre que os usuários rolavam para a segunda ou terceira página dos resultados da pesquisa, era sinal de que estavam descontentes com a ordem dos resultados que tinham recebido. Como disse o jornalista Steven Levy, esse ciclo de feedback ajudou o Google a aprender que quando os usuários digitavam *cães*, eles também estavam procurando por *filhotes*, e quando digitavam *fervente*, talvez estivessem também se referindo a *água quente*, e, por fim, o Google também aprendeu que quando digitavam *cachorro quente*, não estavam procurando por *filhotes ferventes*.[158]

Outra pessoa criou um esquema baseado em links muito semelhante ao PageRank: um engenheiro chinês chamado Yanhong (Robin) Li, que estudou na Universidade Estadual de Nova York em Buffalo e depois foi trabalhar numa divisão da Dow Jones com sede em Nova Jersey. Na primavera de 1996, no mesmo momento em que Page e Brin estavam criando o PageRank, Li elaborou um algoritmo que chamou de RankDex, que determinava o valor de resultados de pesquisa pelo número de links para uma página e pelo conteúdo do texto que ancorava os links. Ele comprou um livro de autoajuda sobre como patentear a ideia e depois fez isso com o

auxílio da Dow Jones. Mas a empresa não deu seguimento à ideia, de modo que Li se mudou para a Califórnia, onde foi trabalhar na Infoseek, e depois voltou para a China. Lá, foi um dos fundadores do Baidu, que se tornou a maior ferramenta de busca do país e um dos concorrentes globais mais poderosos do Google.

* * *

No início de 1998, o banco de dados de Page e Brin continha mapas de quase 518 milhões de hyperlinks, dos cerca de 3 bilhões então existentes na web. Page não queria que o Google fosse apenas um projeto acadêmico, mas que também se tornasse um produto popular. "Era como o problema de Nikola Tesla", disse. "Você faz uma invenção que acha ótima, então quer que ela seja usada por muitas pessoas o mais rápido possível."[159]

O desejo de transformar seu tema de dissertação em negócio fez com que Page e Brin relutassem em publicar ou fazer apresentações formais sobre o que haviam criado. Mas seus orientadores acadêmicos continuavam a pressioná-los para publicar alguma coisa; então, na primavera de 1998, eles escreveram um trabalho de vinte páginas que conseguia explicar as teorias acadêmicas por trás do PageRank e do Google sem abrir o quimono a ponto de revelar segredos demais a concorrentes. Intitulado "The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine" [A anatomia de uma ferramenta de busca intertextual da web de grande escala], foi apresentado numa conferência realizada na Austrália, em abril de 1998.

"Neste trabalho, apresentamos o Google, protótipo de uma ferramenta de busca de grande escala, que faz uso intenso da estrutura presente em hipertextos", começava o texto.[160] Ao mapear mais de meio bilhão dos 3 bilhões de links da web, eles conseguiram calcular um PageRank para, pelo menos, 25 milhões de páginas, que "corresponde bem à ideia de importância subjetiva das pessoas". Eles detalharam o "algoritmo iterativo simples" que produzia PageRanks para cada página.

> A literatura de citação acadêmica foi aplicada à web, em grande medida, pela contagem de citações ou *backlinks* para determinada página. Isso dá uma ideia aproximada da importância ou qualidade de uma página. O PageRank amplia essa ideia ao não contar os links de todas as páginas da mesma forma.

O trabalho incluía muitos detalhes técnicos sobre classificação, rastreamento, indexação e iteração dos algoritmos. Havia também alguns parágrafos sobre indicações úteis para pesquisas futuras. Mas, no final, ficava evidente que não se tratava de um exercício acadêmico ou de uma busca puramente erudita. Eles estavam envolvidos no que viria a ser claramente um empreendimento comercial. "O Google está projetado para ser uma ferramenta de busca expansível", declaravam na conclusão. "O objetivo

principal é fornecer resultados de pesquisa de alta qualidade."

Isso poderia ser um problema em universidades onde a pesquisa estava voltada sobretudo para fins acadêmicos, não para aplicações comerciais. Mas Stanford não só permitia que os estudantes trabalhassem em empreendimentos comerciais como incentivava e facilitava tais iniciativas. Havia até um escritório para ajudar no processo de patenteamento e em acordos de licenciamento. "Temos um ambiente em Stanford que promove o empreendedorismo e a pesquisa com assunção de riscos", declarou o reitor John Hennessy. "Aqui, as pessoas realmente entendem que, às vezes, a melhor maneira de causar um efeito no mundo não é escrever um trabalho acadêmico, mas pegar a tecnologia em que você acredita e fazer algo com ela."[161]

Page e Brin começaram por tentar licenciar seu software para outras empresas e se reuniram com os CEOs de Yahoo!, Excite e AltaVista. Eles pediram 1 milhão de dólares, o que não era exorbitante, uma vez que incluiria os direitos sobre as suas patentes, bem como os serviços pessoais dos dois. "Essas empresas valiam centenas de milhões ou mais na época", disse Page mais tarde. "Não era uma despesa tão significativa para elas. Mas foi falta de visão da sua direção. Muitas nos disseram: 'Pesquisa não é tão importante'."[162]

Em consequência, Page e Brin decidiram abrir uma empresa própria. Ajudou nisso o fato de que a poucos quilômetros do campus havia empresários bem-sucedidos para atuar como investidores-anjo, bem como capitalistas de risco logo acima da Sand Hill Road ansiosos para fornecer capital de giro. David Cheriton, um dos professores de ambos em Stanford, havia fundado com Andy Bechtolsheim, um investidor desse tipo, uma empresa de produtos para redes Ethernet que haviam vendido para a Cisco Systems. Em agosto de 1998, Cheriton sugeriu a Page e Brin que eles se encontrassem com Bechtolsheim, que também havia sido um dos fundadores da Sun Microsystems. Num final de noite, Brin enviou-lhe um e-mail. Recebeu uma resposta imediata, e na manhã seguinte bem cedo todos se reuniram no alpendre da casa de Cheriton em Palo Alto.

Mesmo nessa hora horrível para estudantes, Page e Brin conseguiram fazer uma demonstração convincente de sua ferramenta de busca, mostrando que podiam baixar, indexar e classificar páginas de grande parte da web em racks de minicomputadores. Foi um encontro tranquilo no auge do boom da internet, e Bechtolsheim fez perguntas encorajadoras. Ao contrário das dezenas de propostas que lhe faziam todas as semanas, aquela não era uma apresentação em PowerPoint de algum software ou hardware que ainda não existia. Ele pôde digitar consultas e de imediato apareceram respostas que eram muito melhores do que as produzidas pelo AltaVista. Além disso, os dois fundadores tinham inteligência rápida e eram entusiasmados, o tipo de empresário em que ele gostava de apostar. Bechtolsheim apreciou o fato de eles não estarem jogando grandes somas de dinheiro — aliás, nenhum — em marketing. Os rapazes sabiam que o Google era bom o suficiente para se disseminar boca a boca, de modo que cada centavo que tinham ia para componentes

para os computadores que estavam montando eles mesmos. “Outros sites pegavam uma boa parte do financiamento de risco e gastavam em publicidade”, disse Bechtolsheim. “Ali, a abordagem era oposta. Construir algo de valor e oferecer um serviço atraente o bastante para que as pessoas simplesmente o usassem.”[163]

Ainda que Brin e Page fossem avessos a aceitar publicidade, Bechtolsheim sabia que seria simples — e não corrompedor — pôr anúncios claramente identificados na página de resultados de busca. Isso significava que havia um fluxo de receita óbvio à espera de ser aproveitado. “Esta é a melhor ideia que já ouvi em anos”, disse-lhes. Eles falaram sobre valores por um minuto e Bechtolsheim replicou que o preço deles era baixo demais. “Bem, não quero perder tempo”, concluiu, já que precisava ir para o trabalho. “Tenho certeza de que vai ajudar vocês se eu preencher um cheque.” Ele foi até o carro, pegou o talão de cheques e fez um para a Google Inc. de 100 mil dólares. “Nós ainda não temos uma conta bancária”, disse Brin. “Depositem quando tiverem uma”, respondeu Bechtolsheim. E foi embora em seu Porsche.

Brin e Page foram ao Burger King para comemorar. “Achamos que deveríamos comer uma coisa que fosse mesmo boa, embora pouco saudável”, contou Page. “E era barato. Parecia a combinação certa para celebrar o financiamento.”[164]

O cheque de Bechtolsheim para a Google Inc. os estimulou a abrir a empresa. “Tivemos de arranjar rápido um advogado”, disse Brin.[165] Page lembrou: “Foi tipo ‘Uau, talvez a gente deva abrir uma empresa já’”.[166] Graças à reputação de Bechtolsheim — e à natureza impressionante do produto Google — vieram outros financiadores, entre eles Jeff Bezos, da Amazon. “Eu simplesmente me apaixonei por Larry e Sergey”, ele declarou. “Eles tinham visão. Era um ponto de vista voltado para o cliente.”[167] O burburinho favorável em torno do Google ficou tão alto que, alguns meses mais tarde, a empresa conseguiu a rara proeza de atrair investimentos das duas principais firmas de capital de risco do Vale do Silício, as concorrentes Sequoia Capital e Kleiner Perkins.

O vale tinha outro ingrediente, além de uma universidade prestativa e mentores e capitalistas de risco ansiosos: muitas garagens, como aquelas em que Hewlett e Packard projetaram seus primeiros produtos e Jobs e Wozniak montaram as primeiras placas do Apple I. Quando se deram conta de que era hora de largar os planos de dissertações e deixar o ninho de Stanford, Page e Brin encontraram uma garagem — para dois carros, com banheira de hidromassagem e um par de quartos vagos dentro da casa, em Menlo Park —, que poderiam alugar por 1700 dólares por mês de uma amiga de Stanford, Susan Wojcicki, que logo entrou para o Google. Em setembro de 1998, um mês depois da reunião com Bechtolsheim, Page e Brin constituíram sua empresa, abriram uma conta bancária e descontaram o cheque. Na parede da garagem, puseram uma lousa branca em que se lia “Sede Mundial do Google”.

Além de tornar toda a informação da World Wide Web acessível, o Google representou um salto culminante na relação entre seres humanos e máquinas — a "simbiose homem-computador" que Licklider havia imaginado quatro décadas antes. O Yahoo! tentara uma versão mais primitiva dessa simbiose, usando as buscas eletrônicas e guias compilados por seres humanos. A abordagem que Page e Brin adotaram pode parecer, à primeira vista, uma forma de remover as mãos humanas dessa fórmula, com as buscas sendo realizadas apenas por rastreadores e algoritmos. Mas um olhar mais profundo revela que a abordagem deles era, na verdade, uma fusão de máquina e inteligência humana. Seu algoritmo se baseava em bilhões de julgamentos humanos feitos por pessoas, quando criavam os links de seus próprios sites. Era uma forma automatizada de aproveitar a sabedoria dos seres humanos — em outras palavras, uma forma superior de simbiose ser humano-computador. Brin explicou:

> O processo pode parecer totalmente automatizado, mas, em termos da quantidade de input humano que entra no produto final, existem milhões de pessoas que passaram muito tempo projetando suas páginas na web, determinando para quem e como iriam os links, e esse elemento humano entra nele.[168]

Em seu ensaio fundamental "As We May Think", de 1945, Vannevar Bush apresentara o desafio: "A soma da experiência humana está se expandindo a uma taxa prodigiosa, e os meios que usamos para abrir caminho através do consequente labirinto para o item importante no momento é o mesmo que era utilizado no tempo dos navios a vela". No trabalho acadêmico que apresentaram a Stanford, pouco antes de largarem a universidade para abrir sua empresa, Brin e Page disseram a mesma coisa: "A quantidade de documentos nos índices aumentou em várias ordens de magnitude, mas a capacidade do usuário para ver os documentos, não". Suas palavras eram menos eloquentes que as de Bush, mas eles haviam conseguido realizar o sonho dele de uma colaboração homem-máquina para lidar com a sobrecarga de informações. Ao fazê-lo, o Google tornou-se o ponto culminante de um processo de sessenta anos para criar um mundo em que seres humanos, computadores e redes estavam intimamente ligados. Qualquer pessoa em qualquer lugar podia compartilhar coisas com pessoas em todos os lugares e fazer consultas a respeito de tudo.

a *"Enquire within"*: expressão que era usada em tabuletas colocadas em vitrines

convidando o cliente a entrar para descobrir mais a respeito dos produtos. (N. T.)
b Como o HTTP da web, o Gopher era um protocolo de camada de aplicativos da internet (TCP/IP). Ele facilitava um desenho de navegação baseado em menus para encontrar e distribuir documentos (geralmente baseados em texto) on-line. Os links eram feitos pelos servidores, em vez de embutidos nos documentos. Seu nome (de um tipo de esquilo) derivava do mascote da universidade e era também um trocadilho com *"go for"* [ir para].
c Um ano depois, Andreessen se juntaria ao bem-sucedido empreendedor serial Jim Clark para lançar uma empresa chamada Netscape, que produziu uma versão comercial do navegador Mosaic.
d O Bitcoin e outras criptomoedas incorporam técnicas de criptografia matematicamente codificadas e outros princípios de criptografia para criar uma moeda segura que não tem um controle central.
e Sprawl: referência à fictícia região conurbada de Boston-Atlanta, cenário dos romances da trilogia *Sprawl*, de William Gibson. (N. T.)
f "Johnny Appleseed" [Joãozinho Semente de Maçã]: nome pelo qual ficou conhecido John Chapman (1774-1845), pioneiro e figura lendária dos Estados Unidos que percorreu o país semeando macieiras. (N. T.)
g Em março de 2003, a palavra "blog" como substantivo e verbo foi admitida no *Oxford English Dictionary*.
h De forma reveladora, e louvável, os verbetes da Wikipédia sobre sua própria história e os papéis de Wales e Sanger, depois de muita batalha nos fóruns de discussão, acabaram por ser equilibrados e objetivos.
i Criado por Paul Terrell, o dono da cadeia de lojas de computação The Byte Shop, que havia lançado o Apple I ao encomendar as primeiras cinquenta unidades.
j Aquele escrito por Bill Gates.
k Bill Gates fez doações para prédios de informática nas universidades Harvard, Stanford, MIT e Carnegie Mellon. O de Harvard, financiado também por Steve Ballmer, ganhou o nome de Maxwell Dworkin, em homenagem às mães dos doadores.
l O *Oxford English Dictionary* acrescentou *google* como verbo em 2006.

12. Ada para sempre

A OBJEÇÃO DE LADY LOVELACE

Ada Lovelace teria gostado. Até onde nos é permitido imaginar os pensamentos de alguém que morreu há mais de 150 anos, podemos visualizá-la, toda orgulhosa, escrevendo uma carta na qual se gaba de sua intuição de que um dia dispositivos de calcular se tornariam computadores de uso geral, belas máquinas capazes não só de manipular números, mas também de fazer música, processar palavras e "combinar símbolos genéricos em sucessões de ilimitada variedade".

Máquinas como essas apareceram na década de 1950, e nos trinta anos subsequentes duas inovações históricas as levaram a revolucionar o modo como vivemos: microchips possibilitaram que os computadores se tornassem pequenos o suficiente para serem aparelhos de uso pessoal, e redes de comutação de pacotes permitiram que eles fossem conectados como nodos em uma rede. Essa fusão do computador pessoal com a internet ensejou o florescimento, em escala colossal, da criatividade digital, do compartilhamento de conteúdo, da formação de comunidades e das redes sociais. Transformou em realidade o que Ada chamou de "ciência poética", na qual a criatividade e a tecnologia eram a trama e a urdidura, como em uma tapeçaria

em um tear de Jacquard.

Ada também poderia ter razão de se gabar de estar certa, ao menos até agora, em sua afirmação mais polêmica: que nenhum computador, por mais potente que fosse, poderia um dia ser de fato uma máquina "pensante". Um século depois da morte de Ada, Alan Turing batizou esse argumento de "Objeção de Lady Lovelace" e tentou refutá-lo criando uma definição operacional de máquina pensante: que uma pessoa, ao fazer perguntas à máquina, não fosse capaz de distingui-la de um ser humano. Turing predisse que um computador passaria nesse teste dentro de algumas décadas. Mas lá se foram mais de sessenta anos e nenhuma máquina até hoje passou no teste muito simples e talvez não muito significativo proposto por Turing. Decerto nenhuma ultrapassou o limite superior determinado por Ada, de ser capaz de "originar" pensamentos próprios.

Desde que Mary Shelley concebeu a história de Frankenstein durante umas férias com o pai de Ada, Lord Byron, a perspectiva de uma invenção humana conseguir originar seus próprios pensamentos amedronta gerações. O tema de Frankenstein se tornou matéria-prima da ficção científica. Um vívido exemplo foi o filme de Stanley Kubrick, *2001: Uma odisseia no espaço*, de 1968, protagonizado por HAL, um computador apavorantemente inteligente. Com sua voz calma, HAL exibe atributos humanos: capacidade de falar, raciocinar, reconhecer rostos, apreciar a beleza, demonstrar emoções e (é óbvio) jogar xadrez. Quando HAL parece apresentar uma falha, os astronautas decidem desligá-lo. HAL percebe o plano e mata todos, menos um. Depois uma luta heroica, o astronauta remanescente consegue acessar os circuitos cognitivos de HAL e os desliga um por um. HAL regride até que, no fim, canta "Daisy Bell", uma homenagem à primeira música gerada por computador, cantada em 1961 nos Laboratórios Bell por um IBM 704.

Há tempos os entusiastas da inteligência artificial prometem, ou ameaçam, que máquinas como HAL surgirão em breve e provarão que Ada estava errada. Essa foi a premissa da conferência que John McCarthy e Marvin Minsky organizaram em 1956 em Dartmouth, o berço da inteligência artificial. Os conferencistas concluíram que um avanço revolucionário ocorreria em cerca de vinte anos. Não ocorreu. Década após década, novas levas de especialistas proclamaram que a inteligência artificial estava no horizonte visível, talvez dali a vinte anos. Mas isso continuou sendo uma miragem, sempre vinte anos à frente.

John von Neumann estava trabalhando no desafio da inteligência artificial pouco antes de morrer, em 1957. Depois de ajudar a criar a arquitetura dos modernos computadores digitais, ele percebeu que a arquitetura do cérebro humano é fundamentalmente diferente. Computadores digitais lidam com unidades precisas, enquanto o cérebro, até onde o compreendemos, é também, em parte, um sistema analógico que lida com um continuum de possibilidades. Em outras palavras, um

processo mental humano inclui muitos pulsos de sinais e ondas analógicas vindos de diferentes nervos, que caminham juntos para produzir não só dados binários do tipo sim-não, mas também respostas como "talvez" e "provavelmente", além de inúmeras outras nuanças, inclusive ocasionais perplexidades. Von Neumann supôs que talvez o futuro da computação inteligente exigisse o abandono da abordagem puramente digital e a criação de "procedimentos mistos" que incluíssem uma combinação de métodos digitais e analógicos. "A lógica terá de passar por uma pseudomorfose e virar neurologia", ele declarou, o que, traduzindo de maneira tosca, significa que os computadores teriam de se tornar mais semelhantes ao cérebro humano.[1]

Em 1958, um professor da Universidade Cornell, Frank Rosenblatt, tentou fazer isso elaborando uma abordagem matemática para criar uma rede neural artificial como a do cérebro. Chamou-a de Perceptron. Usando inputs estatísticos ponderados, essa rede, em teoria, poderia processar dados visuais. Quando a Marinha, que estava financiando o trabalho, divulgou o sistema, atraiu o tipo de alvoroço na imprensa que acompanharia muitas pretensões subsequentes da inteligência artificial. "A Marinha revelou o embrião de um computador eletrônico com expectativas de que ele venha a ser capaz de andar, falar, ver, escrever, reproduzir-se e ser cônscio de sua existência", noticiou o *New York Times*. A *New Yorker* mostrou entusiasmo equivalente: "O Perceptron, [...], como seu nome implica, tem capacidade para produzir o equivalente ao pensamento original. [...] Parece ser o primeiro rival de peso do cérebro humano já criado".[2]

Isso foi há quase sessenta anos. O Perceptron ainda não existe.[3] No entanto, desde então quase todo ano houve notícias empolgadas sobre alguma maravilha no horizonte capaz de replicar e superar o cérebro humano, muitas delas usando quase as mesmas frases das reportagens de 1958 sobre o Perceptron.

As discussões sobre a inteligência artificial inflamaram-se um pouco, pelo menos na imprensa popular, depois que o Deep Blue, uma máquina de jogar xadrez da IBM, venceu o campeão mundial Garry Kasparov em 1997, e em seguida Watson, um computador também da IBM que respondia a perguntas em linguagem natural, venceu os campeões Brad Rutter e Ken Jennings no programa de perguntas da TV *Jeopardy!*, em 2011. "Acho que isso despertou toda a comunidade da inteligência artificial", disse a CEO da IBM Ginni Rometty.[4] Porém, como ela foi a primeira a admitir, não se tratava de verdadeiras revoluções na inteligência artificial semelhante à humana. O Deep Blue venceu no xadrez pela força bruta; era capaz de avaliar 200 milhões de posições por segundo e compará-las com 700 mil jogos de grandes mestres do passado. A maioria de nós concordaria que os cálculos do Deep Blue eram em essência diferentes daquilo que consideramos raciocínio *de verdade*. "O Deep Blue só era inteligente no mesmo sentido em que o nosso despertador programável é inteligente", disse Kasparov. "Se bem que perder para um despertador de 10

milhões de dólares não fez com que eu me sentisse melhor."[5]

De maneira análoga, Watson venceu em *Jeopardy!* graças a megadoses de poder de computação: ele tinha 200 milhões de páginas de informações em seus 4 terabytes de memória, das quais toda a Wikipedia correspondia a meros 0,2%. Ele era capaz de avaliar o equivalente a 1 milhão de livros por segundo. Também era muito bom em processar o inglês coloquial. Mesmo assim, ninguém que assistiu à competição apostaria que Watson seria capaz de passar no teste de Turing. De fato, os líderes da equipe da IBM temiam que os redatores do *Jeopardy!* tentassem transformar a competição em um teste de Turing, elaborando perguntas destinadas a enganar a máquina, de modo que insistiram para que fossem usadas apenas perguntas antigas, de competições não transmitidas pela televisão. Apesar disso, a máquina tropeçou de maneiras que mostraram que ela não era humana. Por exemplo, foi feita uma pergunta sobre a "singularidade anatômica" do antigo ginasta olímpico George Eyser. Watson respondeu: "O que é perna?". A resposta correta era que Eyser não tinha uma perna. O problema estava na compreensão de "singularidade", explicou David Ferrucci, o diretor do projeto Watson na IBM. "O computador não poderia saber que a falta de uma perna é mais singular do que outra coisa qualquer."[6]

John Searle, o professor de filosofia de Berkeley que inventou a "Sala Chinesa" para refutar o teste de Turing, ridicularizou a ideia de que Watson representasse o mais ínfimo vislumbre de inteligência artificial. "Watson não entendeu as perguntas, nem suas respostas, nem que algumas das respostas eram certas e algumas eram erradas, nem que ele estava participando de um jogo, nem que tinha ganhado — porque ele não entende coisa alguma", argumentou. "O computador da IBM não foi e não podia ter sido projetado para entender. Ele foi projetado para simular o entendimento, para agir como se entendesse."[7]

Até o pessoal da IBM concordava. Nunca tinham dito que Watson era uma máquina "inteligente". "Os computadores de hoje são idiotas brilhantes", disse o diretor de pesquisas da companhia, John E. Kelly III, depois das vitórias do Deep Blue e de Watson.

> Eles possuem capacidades tremendas de armazenar informações e efetuar cálculos numéricos, muito superiores às de qualquer ser humano. Mas quando falamos em outra classe de habilidades, as capacidades de entender, aprender, adaptar-se e interagir, os computadores são miseravelmente inferiores aos seres humanos.[8]

Em vez de demonstrar que as máquinas estão chegando mais perto da inteligência artificial, o Deep Blue e Watson indicaram justamente o contrário. "Essas realizações recentes, por ironia, salientaram as limitações da ciência da computação e da inteligência artificial", afirmou o professor Tomaso Poggio, diretor do Centro de

Cérebros, Mentes e Máquinas do MIT. "Ainda não entendemos como o cérebro origina a inteligência, nem sabemos como construir máquinas que sejam tão abrangentemente inteligentes como nós."[9]

Douglas Hofstadter, professor da Universidade de Indiana, combinou arte e ciência em seu inesperado best-seller *Gödel, Escher, Bach*, de 1979. Ele acreditava que o único modo de se obter uma inteligência artificial significativa era entender como funcionava a imaginação humana. Sua abordagem foi praticamente abandonada nos anos 1990, quando os estudiosos consideraram mais vantajoso executar tarefas complexas recorrendo a um enorme poder de computação para processar imensas quantidades de dados, como fazia o Deep Blue ao jogar xadrez.[10]

Esse sistema gerou uma peculiaridade: os computadores podem fazer algumas das tarefas mais difíceis do mundo (avaliar bilhões de possíveis posições de xadrez, encontrar correlações em centenas de repositórios de informações do tamanho da Wikipedia), mas não são capazes de executar algumas das tarefas que parecem muito simples para nós, seres humanos. Faça ao Google uma pergunta objetiva como "Qual é a profundidade máxima do mar Vermelho?", e ele no mesmo instante responderá "2211 metros", coisa que nem seus amigos mais inteligentes sabem. Faça-lhe uma pergunta fácil como "Jacaré sabe jogar basquete?", e o Google não terá a menor ideia, muito embora uma criancinha de dois anos seja capaz de responder, depois de rir um bocado.[11]

Na Applied Minds, uma empresa de tecnologia nos arredores de Los Angeles, podemos ter uma inspiradora demonstração de como um robô está sendo programado para manobrar, mas logo fica evidente que ele ainda tem dificuldade para se orientar em uma sala desconhecida, pegar um lápis e escrever seu nome. Uma visita à Nuance Communications, uma empresa de software no entorno de Boston, mostra os espantosos avanços em tecnologias de reconhecimento de fala que fundamentam o Siri e outros sistemas, porém também é evidente para qualquer um que use o Siri que ainda não podemos ter uma conversa de fato significativa com um computador, exceto em um filme de ficção. No Laboratório de Ciência da Computação e Inteligência Artificial do MIT está em andamento um trabalho interessante para fazer computadores perceberem objetos visualmente, mas embora a máquina consiga discernir figuras de uma menina com uma xícara, um menino em um bebedouro e um gato tomando leite, não tem capacidade para o raciocínio abstrato simples necessário para deduzir que todos os três estão ocupados na mesma atividade: beber. Uma visita ao sistema de comando da polícia de Nova York em Manhattan mostra como computadores escaneiam milhares de dados de câmeras de vigilância no trabalho do Domain Awareness System [Sistema de Percepção de Domínio], mas o sistema ainda não é capaz de identificar de modo confiável o rosto da mãe de alguém numa multidão.

Todas essas tarefas têm uma coisa em comum: até uma criança de quatro anos consegue executá-las. "A principal lição de 35 anos de pesquisas em inteligência

artificial é que os problemas difíceis são fáceis e os problemas fáceis são difíceis", diz Steven Pinker, cientista cognitivo de Harvard.[12] Como observaram o futurólogo Hans Moravec e outros, esse paradoxo se origina do fato de que os recursos computacionais necessários para reconhecer um padrão visual ou verbal são colossais.

O paradoxo de Moravec reforça as observações de Von Neumann, feitas há meio século, de que a química baseada em carbono do cérebro humano tem um funcionamento diferente dos circuitos de lógica binária baseados em silício de um computador. Wetware* é diferente de hardware. O cérebro humano não só combina processos analógicos e digitais, mas também é um sistema distribuído, como a internet, e não centralizado, como um computador. A unidade de processamento central de um computador pode executar instruções muito mais rápido do que um neurônio de um cérebro pode disparar. "Mas os cérebros mais do que compensam isso, pois todos os neurônios e sinapses estão ativos ao mesmo tempo, ao passo que a maioria dos computadores atuais tem apenas uma ou no máximo algumas CPUs", explicam Stuart Russell e Peter Norvig, autores do mais destacado livro didático sobre inteligência artificial.[13]

Então por que não criar um computador que imite os processos do cérebro humano? "Um dia seremos capazes de sequenciar o genoma humano e replicar o modo como a natureza fez a inteligência em um sistema baseado em carbono", conjectura Bill Gates. "É como fazer a engenharia reversa do produto criado por outra pessoa para resolver um problema."[14] Não será fácil. Cientistas levaram quarenta anos para mapear a atividade neurológica do nematelminto, um verme de um milímetro de comprimento que possui 302 neurônios e 8 mil sinapses.** O cérebro humano tem 86 bilhões de neurônios e até 150 trilhões de sinapses.[15]

No final de 2013, o *New York Times* publicou uma reportagem sobre "um avanço que está prestes a virar de cabeça para baixo o mundo digital" e "possibilitar uma nova geração de sistemas de inteligência artificial que executarão algumas das funções que os seres humanos desempenham com facilidade: ver, falar, ouvir, orientar-se, manipular e controlar". Essas frases lembram as usadas em 1958 na reportagem desse mesmo jornal sobre o Perceptron ("Será capaz de andar, falar, ver, escrever, reproduzir-se e ser cônscio de sua existência"). Mais uma vez, a estratégia foi replicar o modo como funcionam as redes neurais do cérebro humano. Como explicou o *Times*, "a nova abordagem computacional baseia-se no sistema nervoso biológico, especificamente no modo como os neurônios reagem a estímulos e se conectam com outros neurônios para interpretar informações".[16] A IBM e a Qualcomm divulgaram seus respectivos planos para construir processadores de computador "neuromórficos", ou semelhantes ao cérebro, e um consórcio de pesquisas europeu chamado Projeto Cérebro Humano anunciou que havia construído

um microchip neuromórfico que incorporava "50 milhões de sinapses plásticas e 200 mil modelos de neurônio biologicamente realistas em um único tablete de silício de vinte centímetros".[17]

Talvez essa última rodada de reportagens de fato signifique que, daqui a algumas décadas, haverá máquinas que pensam como seres humanos. "Estamos continuamente examinando a lista das coisas que máquinas não podem fazer — jogar xadrez, dirigir carro, traduzir línguas — e riscando as tarefas agora possíveis para as máquinas", disse Tim Berners-Lee. "Um dia chegaremos ao fim da lista."[18]

Esses avanços mais recentes talvez até possam levar à "singularidade", termo que Von Neumann cunhou e o futurólogo Ray Kurzweil e o escritor de ficção científica Vernon Vinge popularizaram; esse termo às vezes pode ser usado para designar o momento em que computadores não só serão mais inteligentes que seres humanos, mas também capazes de projetar a si mesmos para ser ainda mais superinteligentes, deixando, assim, de precisar de nós, mortais. Vinge diz que isso ocorrerá até 2030.[19]

Por outro lado, essas reportagens mais recentes podem acabar se revelando como aquelas de palavreado semelhante dos anos 1950: vislumbres de uma miragem sempre distante. A verdadeira inteligência artificial talvez demore mais algumas gerações ou até mais alguns séculos. Podemos deixar esse debate para os futurólogos. Na verdade, dependendo de como definimos consciência, a verdadeira inteligência artificial pode nunca acontecer. Podemos deixar *esse* debate para os filósofos e os teólogos. " O engenho humano", escreveu Leonardo da Vinci, cujo Homem Vitruviano se tornou o símbolo máximo da interseção entre arte e ciência, "jamais inventará alguma coisa mais bela nem mais simples nem a propósito do que a natureza produz".

Existe, porém, ainda outra possibilidade, e dessa Ada Lovelace iria gostar; baseia-se no meio século de desenvolvimento da computação na tradição de Vannevar Bush, J. C. R. Licklider e Doug Engelbart.

SIMBIOSE HOMEM-COMPUTADOR: "WATSON, VENHA CÁ, PRECISO DE VOCÊ"

"A Máquina Analítica não tem pretensão alguma de originar qualquer coisa", declarou Ada Lovelace. "Ela pode fazer o que quer que saibamos ordenar que ela faça." Na mente de Ada Lovelace, máquinas não substituiriam seres humanos; elas se tornariam suas parceiras. Os seres humanos, segundo ela, trariam para esse relacionamento a originalidade e a criatividade.

Essa era a ideia por trás de uma alternativa em busca da inteligência artificial pura: buscar a inteligência aumentada que ocorre quando máquinas se tornam parceiras de pessoas. A estratégia de combinar capacidades de computadores e seres

humanos, de criar uma simbiose entre homem e computador, revelou-se mais proveitosa que a de procurar construir máquinas capazes de pensar por si mesmas.

Licklider ajudou a mapear esse curso em 1960 em seu artigo "Man-Computer Symbiosis", no qual proclamou:

> Cérebros humanos e máquinas de computar serão ligados de maneira muito forte, e a parceria resultante pensará como nenhum cérebro humano jamais pensou e processará dados de um modo inacessível para as máquinas de trabalhar informações que conhecemos hoje.[20]

As ideias de Licklider fundamentaram-se no computador pessoal memex que Vannevar Bush imaginara em seu ensaio de 1945, "As We May Think". Licklider também se baseou em seu trabalho no projeto do sistema de defesa aérea SAGE, que requereu uma íntima colaboração entre seres humanos e máquinas.

A abordagem Bush-Licklider ganhou uma interface amigável graças a Engelbart, que em 1968 demonstrou um sistema de computação em rede com um display gráfico intuitivo e um mouse. Em um manifesto intitulado "Augmenting Human Intelect", ele fez eco a Licklider. O objetivo, escreveu Engelbart, devia ser criar "um domínio integrado no qual palpite, tentativa e erro, atributos intangíveis e a 'impressão' humana sobre uma situação coexistam com [...] auxiliares eletrônicos de alta potência". Richard Brautigan, em seu poema "All Watched Over by Machines of Loving Grace", expressou esse sonho com um pouco mais de lirismo: "Um prado cibernético/ onde mamíferos e computadores/ vivem em harmonia/ mutuamente programável".

As equipes que construíram o Deep Blue e Watson adotaram essa abordagem da simbiose em vez de tentar atingir o objetivo dos puristas da inteligência artificial. "O objetivo não é replicar o cérebro humano", diz John Kelly, diretor da IBM Research. Fazendo eco a Licklider, ele acrescenta: "Não se trata de substituir raciocínio humano por raciocínio de máquina. Mais exatamente, na era dos sistemas cognitivos, homens e máquinas colaborarão para produzir melhores resultados, cada qual trazendo à parceria suas habilidades superiores".[21]

Um exemplo do poder dessa simbiose homem-computador provém de uma percepção de Kasparov depois de ter sido vencido pelo Deep Blue. Até em um jogo definido por regras como o xadrez, ele concluiu, "os computadores são bons naquilo em que os seres humanos são fracos, e vice-versa". Isso lhe deu a ideia para um experimento: "E se, em vez de seres humanos versus máquinas, jogássemos como parceiros?". Quando ele e outro grande mestre tentaram pôr em prática essa ideia, criou-se a simbiose imaginada por Licklider: "Pudemos nos concentrar no

planejamento estratégico em vez de gastar tanto tempo com cálculos”, disse Kasparov. “A criatividade humana foi ainda mais preeminente nessas condições.”

Em 2005 aconteceu um torneio nessas bases. Os jogadores podiam trabalhar em equipe com computadores de sua escolha. Muitos grandes mestres participaram da competição, ao lado de computadores avançados. Mas nem o melhor grande mestre nem o mais potente computador venceu. A vitória foi da simbiose. “As equipes do tipo ser humano-máquina dominaram até os mais fortes computadores”, observou Kasparov. “A combinação de liderança estratégica humana e acuidade tática de um computador foi avassaladora.” O vencedor não foi um grande mestre nem um computador de última geração, e nem mesmo uma combinação de ambos, mas dois amadores americanos que usaram três computadores ao mesmo tempo e souberam gerenciar o processo de colaboração com suas máquinas. Segundo Kasparov,

> sua habilidade de manipular e conduzir seus computadores para examinar em grande profundidade as posições combateu de forma eficaz o entendimento superior de xadrez dos grandes mestres contra quem eles jogaram e a maior capacidade computacional de outros participantes.[22]

Em outras palavras, o futuro talvez pertença às pessoas mais capazes de trabalhar em parceria e colaboração com computadores.

De modo análogo, a IBM concluiu que o melhor uso para o Watson, o computador que jogou *Jeopardy!*, seria colaborar com seres humanos em vez de tentar vencê-los. Em um projeto, usaram-se máquinas para trabalhar em parceria com médicos em planos de tratamento de câncer. “O desafio de *Jeopardy!* lançava o homem contra a máquina”, disse Kelly, da IBM. “Com o Watson e a medicina, homem e máquina enfrentam um desafio juntos — e vão além daquilo que qualquer um dos dois poderia fazer sozinho.”[23] O sistema Watson foi alimentado com mais de 2 milhões de páginas de publicações médicas e 600 mil dados de evidências clínicas, e tinha capacidade para fazer buscas em até 1,5 milhão de prontuários de pacientes. Quando um médico digitava os sintomas e informações vitais do paciente, o computador fornecia uma lista de recomendações, em ordem decrescente de confiança.[24]

Para ser útil, a equipe da IBM percebeu, a máquina precisava interagir com médicos humanos de modo a tornar agradável a colaboração. David McQueeney, o vice-presidente de software da IBM Research, contou que programaram uma pretensa humildade para a máquina:

> Em nossa experiência inicial, os médicos, desconfiados, resistiam, dizendo: “Tenho licença para praticar a medicina e não vou admitir que um computador me diga o que fazer”. Assim, reprogramamos nosso sistema para parecer

humilde e dizer: “Eis a probabilidade percentual que é útil para você, e aqui você pode verificar por si mesmo”.

Os médicos adoraram, disseram que tinham a sensação de estar conversando com um colega bem informado. “Pretendemos combinar talentos humanos, por exemplo, nossa intuição, com os pontos fortes de uma máquina, por exemplo, o escopo infinito”, disse McQueeney. “Essa combinação é mágica, pois cada um oferece algo que o outro não tem.”[25]

Esse foi um dos aspectos do Watson que impressionaram Ginni Rometty, engenheira com formação em inteligência artificial que assumiu o cargo de CEO da IBM no começo de 2012. “Vi Watson interagir com os médicos como um colega”, contou. “Foi a prova mais clara de que máquinas podem de fato ser parceiras dos seres humanos em vez de tentar substituí-los. Digo isso com grande convicção.”[26] Seu entusiasmo foi tamanho que ela decidiu criar uma nova divisão da IBM baseada no Watson. A nova divisão recebeu um investimento de 1 bilhão de dólares e uma nova sede na área de Silicon Alley, próxima de Greenwich Village, em Manhattan. Sua missão era comercializar “computação cognitiva”, isto é, sistemas de computação capazes de levar a análise de dados a um nível superior, ensinando a si mesmos a complementar as habilidades de raciocínio do cérebro humano. Em vez de dar um nome técnico à nova divisão, Rometty chamou-a simplesmente de Watson. Ela escolheu esse nome em honra a Thomas Watson, o fundador da IBM, que dirigiu a companhia por mais de quarenta anos, mas também para evocar o companheiro de Sherlock Holmes, dr. John (“Elementar, meu caro”) Watson e o assistente de Graham Bell, Thomas (“Venha cá, quero vê-lo”) Watson. Assim, o nome ajudou a dar a ideia de que Watson, o computador, devia ser visto como um colaborador e um companheiro, e não como uma ameaça semelhante ao HAL de *2001*.

Watson foi o precursor de uma terceira onda da computação, na qual se esfumou a linha que separava a inteligência humana aumentada e a inteligência artificial. “A primeira geração de computadores eram máquinas de contar e tabular”, diz Rometty, referindo-se às raízes da IBM nos tabuladores de cartões perfurados criados por Herman Hollerith para o censo de 1890. “A segunda geração consistiu em máquinas programáveis baseadas na arquitetura de Von Neumann. Precisávamos dizer a elas o que fazer.” Começando por Ada Lovelace, programadores escreveram algoritmos instruindo esses computadores, passo a passo, a executar tarefas. “Devido à proliferação de dados”, acrescenta Rometty, “não há escolha a não ser criar uma terceira geração, composta de sistemas que não são programados, aprendem.”[27]

No entanto, mesmo quando isso ocorrer, o processo talvez continue a se caracterizar pela parceria e simbiose com os seres humanos, em vez de ser projetado

para relegar o homem à lata de lixo da história. Larry Norton, especialista em câncer de mama do Centro de Câncer Memorial Sloan-Kettering, de Nova York, fez parte da equipe que trabalhou com o Watson. "A ciência da computação irá evoluir rápido, e a medicina evoluirá com ela", ele proclamou. "Isso é coevolução. Ajudaremos uma à outra."[28]

Essa convicção de que máquinas e seres humanos se tornarão mais inteligentes juntos é um processo que Doug Engelbart chamou de "*bootstrapping*"*** e "coevolução".[29] Ela traz uma perspectiva interessante: talvez, por mais rápido que seja o progresso dos computadores, a inteligência artificial nunca possa superar a inteligência da parceria homem-máquina.

Suponhamos, por exemplo, que um dia uma máquina demonstre todas as capacidades mentais de um ser humano: dar a impressão de que reconhece padrões, percebe emoções, aprecia a beleza, cria arte, tem desejos, forma valores morais e se empenha por objetivos. Uma máquina dessas poderia ser capaz de passar no teste de Turing. Talvez até passasse no que poderíamos chamar de teste de Ada, ou seja, daria a impressão de ser capaz de "originar" seus próprios pensamentos além daquilo que nós, seres humanos, a programamos para fazer.

Mas ainda haveria outro obstáculo antes que pudéssemos dizer que a inteligência artificial triunfou sobre a inteligência aumentada. Podemos chamá-lo de teste de Licklider. O teste iria além de indagar se uma máquina é capaz de replicar todos os componentes da inteligência humana; perguntaria se a máquina executa essas tarefas melhor quando funciona por conta própria ou quando trabalha em conjunto com seres humanos. Em outras palavras: é possível que seres humanos e máquinas trabalhando em parceria sejam infinitamente mais poderosos do que uma máquina de inteligência artificial trabalhando sozinha?

Se a resposta for afirmativa, então a "simbiose homem-computador", como a chamou Licklider, permanecerá triunfante. A inteligência artificial não precisa ser o Santo Graal da computação. Em vez disso, o objetivo poderia ser descobrir modos de otimizar a colaboração entre as capacidades de seres humanos e de máquinas — forjar uma parceria na qual deixamos que as máquinas façam o que fazem melhor e nos deixam fazer o que fazemos melhor.

ALGUMAS LIÇÕES DA JORNADA

Como todas as narrativas históricas, a história das inovações que criaram a era digital tem muitas vertentes. Então que lições, além do poder da simbiose homem-máquina que acabamos de discutir, podem ser tiradas da narrativa?

Antes de qualquer outra, vem a lição de que a criatividade é um processo colaborativo. A inovação provém com mais frequência de equipes do que de momentos iluminados de gênios solitários. Isso vale para todas as eras de

efervescência criativa. A Revolução Científica, o Iluminismo e a Revolução Industrial tiveram suas respectivas instituições para o trabalho em colaboração e suas redes para o compartilhamento de ideias. Ainda em maior grau, isso se aplica à era digital. Por mais brilhantes que tenham sido os muitos inventores da internet e do computador, seus avanços se deveram, em grande medida, ao trabalho de equipe. Como Robert Noyce, alguns dos melhores dentre eles tenderam a parecer mais ministros de uma congregação do que profetas solitários; foram cantores de madrigal em vez de solistas.

O Twitter, por exemplo, foi inventado por uma equipe de pessoas que trabalhavam de forma colaborativa, mas também competiam bastante. Quando um dos cofundadores, Jack Dorsey, começou a receber muito reconhecimento em entrevistas da mídia, outro cofundador, Evan Williams, um empreendedor em série que antes criara o Blogger, disse a Dorsey para baixar o topete, segundo Nick Bilton, do *New York Times*. "Mas eu inventei o Twitter", replicou Dorsey.

"Não, você não inventou o Twitter", Williams retrucou. "Eu também não inventei o Twitter. Nem Biz [Stone, outro cofundador]. Ninguém inventa nada na internet. Apenas expande uma ideia que já existe."[30]

Isso contém outra lição: a era digital pode parecer revolucionária, mas baseou-se na expansão de ideias legadas por gerações anteriores. A colaboração não ocorreu meramente entre contemporâneos, mas também entre gerações. Os melhores inovadores foram os que entenderam a trajetória da mudança tecnológica e pegaram o bastão de inovadores que os precederam. Steve Jobs baseou-se no trabalho de Alan Kay, que se baseou em Doug Engelbart, que se baseou em J. C. R. Licklider e Vannevar Bush. Quando Howard Aiken estava inventando seu computador digital em Harvard, inspirou-se em um fragmento que ele encontrou da Máquina Diferencial de Charles Babbage e fez seus companheiros de equipe ler as "Notas" de Ada Lovelace.

As equipes mais produtivas foram as que reuniram pessoas com um amplo espectro de especialidades. Os Laboratórios Bell são um exemplo clássico. Em seus longos corredores na suburbana Nova Jersey trabalhavam físicos teóricos, físicos experimentais, cientistas de materiais, engenheiros, alguns empresários e até alguns técnicos que subiam em postes telefônicos e tinham graxa debaixo das unhas. Walter Brattain, físico experimental, e John Bardeen, físico teórico, partilhavam um espaço de trabalho como um libretista e um compositor que dividem o assento ao piano: um dueto que investigava como manipular o silício para produzir o que se tornou o primeiro transístor.

Embora a internet proporcionasse uma ferramenta para colaborações virtuais e à distância, outra lição da inovação na era digital é que, tanto hoje como no passado, a proximidade física é benéfica. Há nos encontros pessoais algo especial que não pode ser replicado digitalmente, como se evidenciou nos Laboratórios Bell. Os fundadores da Intel criaram um espaço de trabalho aberto e espraiado voltado para a equipe, no qual os empregados, de Noyce para baixo, viviam topando uns com os outros. Esse modelo se tornou comum no Vale do Silício. As predições de que ferramentas digitais

permitiriam a telecomutação aos trabalhadores nunca se realizaram de modo pleno. Uma das primeiras medidas tomadas por Marissa Mayer como CEO do Yahoo! foi desincentivar a prática de trabalhar em casa, salientando, com razão, que "as pessoas são mais cooperadoras e inovadoras quando estão juntas". Quando Steve Jobs criou uma nova sede para a Pixar, preocupou-se com o modo como deveria ser construído o átrio e até com a localização dos banheiros, para que possibilitassem encontros fortuitos e proveitosos entre seu pessoal. Uma das derradeiras criações de Jobs foi o projeto da nova sede característica da Apple, um círculo com anéis de espaços abertos em torno de um pátio central.

Por toda a história, a melhor liderança veio de equipes que combinaram pessoas que tinham estilos complementares. Foi o que ocorreu na fundação dos Estados Unidos. Entre os líderes havia um ícone de probidade, George Washington, pensadores brilhantes como Thomas Jefferson e James Madison, homens visionários e impetuosos como Samuel e John Adams, e um sábio conciliador, Benjamin Franklin. De modo análogo, entre os fundadores da Arpanet houve visionários, como Licklider, engenheiros que eram objetivos ao tomar decisões, como Larry Roberts, porta-vozes politicamente hábeis, como Bob Taylor, e tocadores de projeto cooperadores, como Steve Crocker e Vint Cerf.

Outra providência importante para escalar uma grande equipe é juntar visionários, capazes de gerar ideias, com gerentes de operação, capazes de executá-las. Visões sem execução são alucinações.[31] Robert Noyce e Gordon Moore foram visionários, daí a importância de seu primeiro contratado na Intel ter sido Andy Grove, que sabia impor procedimentos gerenciais objetivos, forçar as pessoas a manter o foco e conseguir que as coisas fossem feitas.

Visionários que não contam com equipes como essas só costumam entrar na história como meras notas de rodapé. Persiste um velho debate histórico sobre quem mais merece ser considerado o inventor do computador digital: John Atanasoff, um professor que trabalhou quase sozinho na Universidade Estadual de Iowa, ou a equipe liderada por John Mauchly e Presper Eckert na Universidade da Pensilvânia. Neste livro, dei mais crédito a membros do segundo grupo, em parte porque foram capazes de fazer sua máquina, o ENIAC, funcionar e resolver problemas. Conseguiram isso graças à ajuda de dezenas de engenheiros e mecânicos, além de uma equipe de mulheres que se incumbiram dos trabalhos de programação. A máquina de Atanasoff, em contraste, nunca funcionou de maneira plena, em parte porque ele não tinha uma equipe para ajudá-lo a descobrir como fazer operar seu gravador da máquina de cartões perfurados. A invenção acabou jogada em um porão e por fim descartada quando ninguém se lembrava mais para que exatamente ela servia.

Assim como o computador, a Arpanet e a internet foram projetadas por equipes colaborativas. As decisões eram tomadas segundo um processo, iniciado por um respeitoso aluno de pós-graduação, que consistia em distribuir propostas classificadas como "pedidos de comentários". Isso gerava uma rede de comutação de pacotes nos

moldes da web, sem autoridade central ou *hubs*, na qual o poder se distribuía totalmente por todos os nodos, cada qual dotado da capacidade de criar e compartilhar conteúdo e contornar tentativas de impor controles. Assim, um processo colaborativo produzia um sistema projetado para facilitar a colaboração. A internet foi impressa com o DNA de seus criadores.

O DNA da internet teve outra contribuição: ela foi fundada por gente do Pentágono e do Congresso que desejava um sistema de comunicações capaz de sobreviver a um ataque nuclear. Os pesquisadores da Arpa não divulgaram esse objetivo, e nem sequer o conheciam; naquela época, muitos deles estavam evitando o recrutamento militar. Isso criou uma doce ironia: um sistema financiado, em parte, para facilitar o comando e controle acabou solapando a autoridade central. A rua encontra seus próprios usos para as coisas.

A internet facilitou a colaboração não só no âmbito de cada equipe, mas também entre multidões de pessoas que não se conheciam. Esse é o avanço mais próximo de ser revolucionário. Redes de colaboração existem desde que os persas e os assírios inventaram sistemas postais. Mas nunca antes fora fácil solicitar e cotejar contribuições de milhares ou milhões de colaboradores desconhecidos. Isso ensejou sistemas inovadores — a classificação de páginas do Google, os verbetes da Wikipedia, o navegador Firefox, o software GNU/Linux — baseados na sabedoria coletiva de multidões.

As equipes na era digital eram formadas de três maneiras. A primeira, por meio de financiamento e coordenação do governo. Assim foram organizados os grupos que construíram os primeiros computadores (Colossus, ENIAC) e redes (Arpanet). Isso refletiu o consenso, que foi mais acentuado nos anos 1950 sob o presidente Eisenhower, de que o governo devia implementar projetos, como o programa espacial e o sistema de rodovias interestaduais, que favorecessem o bem comum. Com frequência o governo atuou nessa área em colaboração com universidades e empresas privadas como parte de um triângulo governamental-acadêmico-industrial impulsionado por Vannevar Bush e outros. Burocratas federais talentosos (nem sempre um oximoro), como Licklider, Taylor e Roberts, supervisionaram os programas e alocaram as verbas públicas.

A iniciativa privada foi outro caminho para a formação de equipes colaborativas. Elas surgiram nos centros de pesquisas de grandes empresas, como os Laboratórios Bell e o Xerox PARC, e em novas companhias empreendedoras, como Texas Instrument e Intel, Atari e Google, Microsoft e Apple. Um dos principais propulsores era o lucro: a recompensa para os participantes e também um modo de atrair investidores. Isso requereu uma atitude de posse das inovações, que por sua vez gerou patentes e proteções à propriedade intelectual. Muitos teóricos digitais e hackers depreciaram esse caminho, mas um sistema de iniciativa privada que

recompensava a invenção em termos financeiros contribuiu para a criação de inovações sensacionais em transístores, chips, computadores, telefones, dispositivos e serviços da web.

Ao longo de toda a história existiu um terceiro modo, ao lado do governo e das empresas privadas, para organizar a criatividade colaborativa: colegas trocando ideias livremente e fazendo contribuições como parte de um esforço comum voluntário. Muitos dos avanços que criaram a internet e seus serviços ocorreram dessa maneira, que o acadêmico Yochai Benkler, de Harvard, chamou de *"commons-based peer production"* [produção cooperativa com recursos compartilhados].[32] A internet permitiu essa forma de colaboração em uma escala muito maior do que antes. A formação da Wikipedia e da web são bons exemplos, junto com a criação de software gratuito e de código aberto como o Linux e o GNU, o OpenOffice e o Firefox. Como observou o jornalista de tecnologia Steven Johnson, "sua arquitetura aberta facilita que outros tomem por base ideias existentes e as desenvolvam, como fez Berners-Lee quando criou a web sobre os alicerces da internet".[33] Essa produção cooperativa com recursos compartilhados era movida não por incentivos financeiros, mas por outras formas de recompensa e satisfação.

Os valores do compartilhamento cooperativo com frequência conflitaram com os da iniciativa privada, sobretudo no grau em que as inovações deviam ser protegidas por patente. A produção cooperativa teve raízes na ética hacker e veio do Tech Model Railroad Club do MIT e do Homebrew Computer Club. Steve Wozniak foi um dos expoentes. Comparecia às reuniões do Homebrew para exibir o circuito de computador que havia construído e distribuía gratuitamente os esquemas para que outros pudessem usá-los e aperfeiçoá-los. Mas seu vizinho de bairro, Steve Jobs, que começou a acompanhá-lo nas reuniões, convenceu-o de que deviam parar de compartilhar a invenção, melhorá-la e vendê-la. Assim nasceu a Apple, e nos quarenta anos seguintes a empresa esteve na vanguarda do registro de patentes e do lucro com suas inovações. Os instintos dos dois Steves foram úteis para a criação da era digital. A inovação é mais vibrante nas esferas onde os sistemas abertos competem com sistemas proprietários.

Há quem defenda um desses modos de produção em detrimento dos outros com base em sentimentos ideológicos. Preferem um papel maior do governo, ou exaltam a iniciativa privada, ou ainda romantizam o *peer sharing*. Na eleição de 2012, o presidente Barack Obama acirrou a polêmica dizendo a empresários privados: "Vocês não construíram isso". Seus críticos interpretaram a declaração como um aviltamento da iniciativa privada. Obama quis dizer que qualquer empresa se beneficia do apoio do governo e da comunidade que compartilha recursos:

> Se vocês tiveram êxito, alguém ao longo do caminho os auxiliou. Houve um excelente professor em algum momento da sua vida. Alguém ajudou a criar

este inacreditável sistema americano que permitiu a vocês prosperar. Alguém investiu em estradas e pontes.

Não foi um modo muito elegante de dissipar a fantasia de que ele era um socialista enrustido, mas ressaltou uma lição da economia moderna que se aplica à inovação na era digital: combinar todas essas maneiras de organizar a produção — pelo governo, pelo mercado e pelo compartilhamento cooperativo — é mais forte do que privilegiar apenas uma delas.

Nada disso é novo. Babbage obteve a maior parte de sua verba do governo britânico, que era generoso ao financiar estudos capazes de fortalecer sua economia e seu império. Ele adotou ideias da iniciativa privada, em especial os cartões perfurados que haviam sido criados nas tecelagens para os teares automáticos. Babbage e seus amigos fundaram um punhado de novos clubes de compartilhamento cooperativo, entre eles a British Association for the Advancement of Science, e, embora possa parecer exagero considerar esse venerável grupo um precursor encartolado do Homebrew Computer Club, ambos existiram para facilitar a colaboração entre pares e o compartilhamento de ideias.

Os empreendimentos mais bem-sucedidos da era digital foram encabeçados por líderes que promoveram a colaboração e ao mesmo tempo forneceram uma visão clara. Com demasiada frequência essas características são consideradas conflitantes: ou um líder delega demais ou é um visionário fervoroso. Mas os melhores líderes podem ser as duas coisas. Robert Noyce é um bom exemplo. Ele e Gordon Moore impeliram a Intel para o sucesso baseados em uma nítida visão dos rumos que estava tomando a tecnologia dos semicondutores, e ambos eram democráticos e antiautoritários até demais. Mesmo Steve Jobs e Bill Gates, com todo o seu ardor irascível, souberam se cercar de equipes fortes e inspirar lealdade.

Muitos indivíduos brilhantes que não foram capazes de colaborar fracassaram. O laboratório Shockley Semiconductor desintegrou-se. Da mesma forma, naufragaram grupos colaborativos desprovidos de visionários arrebatados e obstinados. Após inventarem o transístor, os Laboratórios Bell perderam o rumo. E o mesmo se deu com a Apple depois que Steve Jobs foi afastado em 1985.

A maioria dos inovadores e empreendedores bem-sucedidos mencionados neste livro teve uma coisa em comum: a dedicação ao produto. Preocupavam-se com engenharia e design, áreas que entendiam a fundo. Seu interesse principal não era o marketing, e tampouco a venda ou as finanças; nas empresas conduzidas por líderes oriundos dessas três últimas áreas, com frequência a inovação sustentada saiu perdendo. “Quando o pessoal das vendas dirige a empresa, o pessoal da produção não tem muita importância, e boa parte simplesmente se desinteressa”, disse Jobs. Larry Page pensava da mesma forma: “Os melhores líderes são aqueles que têm um

conhecimento mais aprofundado de engenharia e design de produtos”.[34]

Outra lição da era digital é tão antiga quanto Aristóteles: “O homem é um animal social”. O que mais poderia explicar o radioamadorismo e a faixa do cidadão ou seus sucessores, como o WhatsApp e o Twitter? Quase toda ferramenta digital, quer tenha sido projetada para isso, quer não, foi apropriada por seres humanos com um propósito social: criar comunidades, facilitar a comunicação ou a colaboração em projetos e permitir contatos em redes sociais. Até o computador pessoal, que em sua origem foi adotado como uma ferramenta para a criatividade individual, inevitavelmente levou à ascensão dos modems, dos serviços on-line e, por fim, do Facebook, do Flickr e do Foursquare.

As máquinas, em contraste, não são animais sociais. Não se inscrevem no Facebook por vontade própria, não procuram companhia por gosto. Quando Alan Turing disse que um dia as máquinas se comportariam como seres humanos, seus críticos argumentaram que elas nunca seriam capazes de demonstrar afeto ou ansiar por intimidade. Para satisfazer Turing, talvez pudéssemos programar uma máquina para fingir afeição ou desejo por intimidade, como certos seres humanos também fazem. Mas é provável que ele, mais do que ninguém, percebesse a diferença.

Se prosseguirmos com a segunda parte da citação de Aristóteles, a natureza não social do computador indica que ele é “ou um animal ou um deus”. Na verdade, não é nenhuma dessas coisas. Apesar de todas as proclamações dos engenheiros da inteligência artificial e dos sociólogos da internet, as ferramentas digitais não têm personalidade, intenção ou desejos. Elas são o que fazemos delas.

A ÚLTIMA LIÇÃO DE ADA: A CIÊNCIA POÍTICA

Isso traz uma última lição, que nos leva de volta a Ada Lovelace. Como ela ressaltou, em nossa simbiose com máquinas, nós, seres humanos, trouxemos para a parceria um elemento crucial: a criatividade. A história da era digital — de Bush a Licklider, de Engelbart a Jobs, do SAGE ao Google, da Wikipedia a Watson — veio reforçar essa ideia. E enquanto permanecermos uma espécie criativa, é provável que isso continue sendo verdade. “As máquinas serão mais racionais e analíticas”, diz John Kelly, diretor de pesquisas da IBM. “As pessoas entrarão com a avaliação, a intuição, a empatia, uma bússola moral e a criatividade humana.”[35]

Nós, seres humanos, podemos permanecer relevantes em uma era de computação cognitiva porque somos capazes de pensar de modos diferentes, algo que um algoritmo, quase por definição, não pode dominar. Possuímos uma imaginação que, como disse Ada, “junta coisas, fatos, ideias, concepções em combinações novas, originais, infinitas, sempre variáveis”. Discernimos padrões e apreciamos sua beleza. Tecemos informações em narrativas. Além de animais sociais, somos animais que contam histórias.

A criatividade humana envolve valores, intenções, julgamentos estéticos, emoções, consciência de si e um senso moral. São coisas que as artes e as ciências humanas nos ensinam, e essa é a razão de essas áreas serem tão valiosas como parte da educação quanto a ciência, a tecnologia, a engenharia e a matemática. Se nós, mortais, quisermos defender o nosso lado na simbiose homem-computador, se quisermos conservar um papel como parceiros criativos das nossas máquinas, temos de continuar a alimentar os mananciais da nossa imaginação, originalidade e humanidade. É com isso que contribuímos para a parceria.

Nos lançamentos de seus produtos, Steve Jobs concluía com um slide projetado na tela atrás de si mostrando placas de rua que indicavam a interseção das ciências humanas com a tecnologia. Em sua última apresentação desse tipo, no lançamento do iPad 2 em 2011, ele declarou, diante dessa imagem: "Está no DNA da Apple a ideia de que a tecnologia, sozinha, não basta — é a tecnologia casada com as artes, casada com as ciências humanas, que nos dá o resultado de alegrar o coração". Essa postura fez dele o mais criativo inovador em tecnologia da nossa era.

O inverso dessa ode às humanidades também vale. Pessoas que amam as artes e as ciências humanas também deveriam fazer um esforço para apreciar as belezas da matemática e da física, como Ada. Do contrário, serão meros circunstantes na interseção das artes com a ciência, onde ocorre a maior parte da criatividade da era digital. Entregarão o controle desse território aos engenheiros.

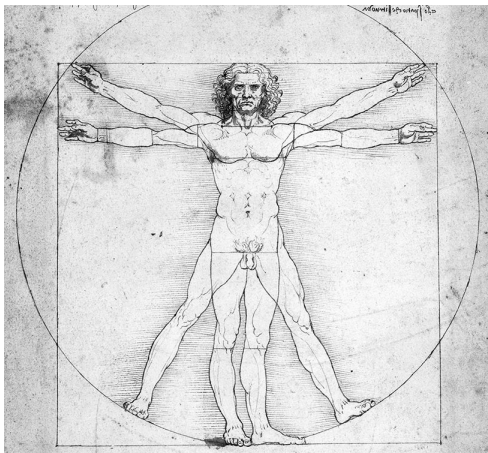
Muita gente que celebra as artes e humanidades, que aplaude com entusiasmo os tributos à importância dessas áreas em nossas escolas, declararia sem pudor (alguns até gracejando) que não entende nada de matemática nem de física. Essas pessoas exaltam as virtudes de saber latim, mas não têm a menor ideia de como escrever um algoritmo ou como distinguir BASIC de C++, Python de Pascal. Consideram filisteus os que não distinguem *Hamlet* de *Macbeth*, mas admitem alegremente não saber a diferença entre um gene e um cromossomo, entre um transístor e um capacitor ou entre uma equação integral e uma diferencial. Esses conceitos podem parecer difíceis. Sim, mas *Hamlet* também é. E, como *Hamlet*, cada um desses conceitos é belo. Como uma elegante equação matemática, eles são expressões das glórias do universo.

C. P. Snow estava certo sobre a necessidade de respeitar "as duas culturas", a ciência e as humanidades. Porém ainda mais importante hoje é entender como elas se cruzam. Os que ajudaram a conduzir a revolução tecnológica foram pessoas da tradição de Ada, capazes de combinar ciência e humanidades. Do pai ela recebeu a veia poética e da mãe a inteligência matemática, e isso lhe incutiu o amor pelo que chamou de "ciência poética". Seu pai defendeu os luditas que destruíam teares mecânicos, mas ela ficou fascinada com o modo como os cartões perfurados instruíam aqueles teares a tecer belos padrões e previu que aquela impressionante combinação de arte com tecnologia poderia se manifestar em computadores.

A próxima fase da Revolução Digital trará uma verdadeira fusão da tecnologia com indústrias criativas como a mídia, a moda, a música, o entretenimento, a educação,

a literatura e as artes. Até agora, boa parte da inovação consistiu em despejar vinho velho — livros, jornais, editoriais, diários, músicas, programas de TV, filmes — em novas garrafas digitais. Mas a interação entre a tecnologia e as artes resultará, por fim, em formas de expressão e formatos de mídia totalmente novos.

Essa inovação virá de pessoas capazes de associar beleza com engenharia, humanidades com tecnologia, poesia com processadores. Em outras palavras, virá dos herdeiros espirituais de Ada Lovelace, criadores capazes de florescer onde a arte se cruza com a ciência, dotados de uma rebelde faculdade de se maravilhar que lhes permite ver a beleza de ambas.

---

* Termo que denota o cérebro dos seres vivos considerado em sua capacidade computacional. (N. T.)

** Neurônio é uma célula nervosa que transmite informações usando sinais elétricos ou químicos. Sinapse é uma estrutura ou trajeto que conduz um sinal de um neurônio

até outro neurônio ou célula.

*** *Bootstrapping*, neste caso, significa progredir recorrendo aos próprios recursos, sem ajuda externa. A expressão provém da ideia de erguer-se pelos cordões das próprias botas. (N. T.)

Agradecimentos

Agradeço às pessoas que me concederam entrevistas e me deram informações, entre elas: Bob Albrecht, Al Alcorn, Marc Andreessen, Tim Berners-Lee, Stewart Brand, Dan Bricklin, Larry Brilliant, John Seeley Brown, Nolan Bushnell, Jean Case, Steve Case, Vint Cerf, Wes Clark, Steve Crocker, Lee Felsenstein, Bob Frankston, Bob Kahn, Alan Kay, Bill Gates, Al Gore, Andy Grove, Justin Hall, Bill Joy, Jim Kimsey, Leonard Kleinrock, Tracy Licklider, Liza Loop, David McQueeney, Gordon Moore, John Negroponte, Larry Page, Howard Rheingold, Larry Roberts, Arthur Rock, Virginia Rometty, Ben Rosen, Steve Russell, Eric Schmidt, Bob Taylor, Paul Terrell, Jimmy Wales, Evan Williams e Steve Wozniak. Também sou grato às pessoas que me deram conselhos úteis pelo caminho, como Ken Auletta, Larry Cohen, David Derbes, John Doerr, John Hollar, John Markoff e Michael Moritz.

Rahul Mehta, da Universidade de Chicago, e Danny Z. Wilson, de Harvard, leram um esboço para corrigir quaisquer erros de matemática ou engenharia; sem dúvida, introduzi alguns quando eles não estavam olhando, por isso não devem ser culpados por nenhum lapso. Sou grato em especial a Strobe Talbott, que leu um esboço e fez copiosos comentários. Ele fez o mesmo para cada livro que escrevi, desde *The Wise Men*, em 1986, e guardo cada conjunto de suas minuciosas anotações

como um testemunho de sua sabedoria e generosidade.

Também tentei algo diferente neste livro: sugestões e correções em sistema de *crowdsourcing* para muitos dos capítulos. Não é uma prática nova. Enviar textos a muitas pessoas para serem comentados é uma das razões da criação da Royal Society em Londres no ano de 1660, e da fundação da American Philosophical Society por Benjamin Franklin. Na revista *Time*, tínhamos o costume de enviar esboços das matérias para todos os departamentos, pedindo seus “comentários e correções”, que nos eram muito úteis. No passado, enviei partes de meus rascunhos a dezenas de pessoas que conhecia. Usando a internet, pude pedir comentários e correções de milhares de pessoas que não conheço.

Isso me pareceu apropriado, pois facilitar o processo colaborativo foi uma das razões da criação da internet. Uma noite, quando escrevia sobre esse assunto, percebi que devia tentar usar a internet para seu propósito original. Isso, eu esperava, ao mesmo tempo melhoraria meus esboços e me permitiria entender melhor como as ferramentas atuais baseadas na internet (comparadas à Usenet e ao velho sistema eletrônico de *bulletin board*) facilitam a colaboração.

Experimentei muitos sites. O melhor, concluí, era o Medium, inventado por Ev Williams, um dos personagens deste livro. Um excerto foi lido por 18200 pessoas na primeira semana em que esteve on-line. Isso representa cerca de 18170 leitores de esboços a mais do que eu tivera até então. Dezenas de leitores postaram comentários, e centenas me enviaram e-mails. Isso ensejou muitas mudanças e acréscimos, além de uma seção nova (sobre Dan Bricklin e o VisiCalc.) Agradeço às centenas de colaboradores, alguns dos quais vim a conhecer, que me ajudaram nesse processo de *crowdsourcing*. (Por falar nisso, torço para que alguém logo invente um cruzamento de eBook melhorado com uma wiki, para que possam surgir algumas novas formas de história multimídia que sejam em parte dirigidas pelo autor e em parte por um trabalho cooperativo.)

Também quero agradecer a Alice Mayhew e Amanda Urban, minhas editora e agente há trinta anos, e à equipe da Simon and Schuster: Carolyn Reidy, Jonathan Karp, Jonathan Cox, Julia Prosser, Jackie Seow, Irene Kheradi, Judith Hoover, Laura Wyss, Ruth Lee-Mui e Jonathan Evans. Também sou afortunado por ter na família três gerações dispostas a ler e comentar um esboço deste livro: meu pai, Irwin (engenheiro eletricista), meu irmão, Lee (consultor de informática) e minha filha, Betsy (escritora de tecnologia, que me iniciou no interesse por Ada Lovelace). Acima de tudo, sou grato a minha mulher, Cathy, a leitora mais sábia e a pessoa mais adorável que já conheci.

Créditos das imagens

6-11: *Lovelace*: Hulton Archive/Getty Images; *Hollerith*: Biblioteca do Congresso via Wikimedia Commons; *Bush* (*primeira imagem*): © Bettmann/Corbis; *Válvula*: Ted Kinsman/Science Source; *Turing*: Wikimedia Commons/Original no Archives Centre, King's College, Cambridge; *Shannon*: Alfred Eisenstaedt/The LIFE Picture Collection/Getty Images; *Aiken*: Harvard University Archives, UAV 362.7295.8p, B 1, F 11, S 109; *Atanasoff*: Departamento de Coleções Especiais/Universidade Estadual de Iowa; *Bletchley Park*: Draco2008 via Wikimedia Commons; *Zuse*: Cortesia de Horst Zuse; *Mauchly*: Apic/Hulton Archive/Getty Images; *Computador de Atanasoff-Berry*: Departamento de Coleções Especiais/Universidade Estadual de Iowa; *Colossus:* Bletchley Park Trust/SSPL via Getty Images; *Harvard Mark I*: Universidade Harvard; *Von Neumann*: © Bettmann/Corbis; *ENIAC*: foto do Exército dos Estados Unidos.; *Bush* (*segunda imagem*): © Corbis; *Invenção do transístor nos Laboratórios Bell*: Lucent Technologies/Agence France-Presse/Newscom; *Hopper*: Defense Visual Information Center; *UNIVAC*: Escritório do Censo dos Estados Unidos; *Regency radio*: © Mark Richards/CHM; *Shockley*: Emilio Segrè Visual Archives / American Institute of Physics / Science Source; *Fairchild Semiconductor*: © Wayne Miller/Magnum Photos; *Sputnik*: Nasa; *Kilby*: Fritz Goro/The LIFE Picture

Collection/Getty Images; *Licklider*: MIT Museum; *Baran*: Cortesia da RAND Corp.; *Spacewar*: Cortesia do Computer History Museum; *Primeiro mouse*: SRI International; *Kesey*: © Hulton-Deutsch Collection/Corbis; *Moore*: Intel Corporation; *Brand*: © Bill Young/*San Francisco Chronicle*/Corbis; *Taylor*: Cortesia de Bob Taylor; *Larry Roberts*: Cortesia de Larry Roberts; *Noyce, Moore, Grove*: Intel Corporation; *Capa do Whole Earth Catalog*: *Whole Earth Catalog; Engelbart*: SRI International; *Nós da Arpanet*: Cortesia de Raytheon BBN Technologies; *4004*: Intel Corporation; *Tomlinson*: Cortesia de Raytheon BBN Technologies; *Bushnell*: © Ed Kashi/VII/Corbis; *Kay*: Cortesia do Computer History Museum; *Community Memory*: Cortesia do Computer History Museum; *Cerf e Kahn*: © Louie Psihoyos/Corbis; *Capa da Popular Mechanics*: DigiBarn Computer Museum; *Gates e Allen*: Bruce Burgess, cortesia da escola Lakeside, Bill Gates, Paul Allen e Fredrica Rice; *Apple I*: Ed Uthman; *Apple II*: © Mark Richards/CHM; *IBM PC*: IBM/Science Source; *Gates com disco do Windows*: © Deborah Feingold/Corbis; *Stallman*: Sam Ogden; *Jobs com o Macintosh*: Diana Walker/Contour By Getty Images; *Logo de The WELL*: Imagem cortesia de The WELL em www.well.com. O logo é uma marca registrada de Well Group Incorporated.; *Torvalds*: © Jim Sugar/Corbis; *Berners-Lee*: CERN; *Andreessen*: © Louie Psihoyos/Corbis; *Case*: Cortesia de Steve Case; *Hall*: Cortesia de Justin Hall; *Kasparov*: Associated Press; *Brin e Page*: Associated Press; *Williams*: Cortesia de Ev Williams; *Wales*: Terry Foote via Wikimedia Commons; *Watson, da IBM*: Ben Hider/Getty Images

18: *Lovelace*: Hulton Archive/Getty Images; *Lord Byron*: © The Print Collector/Corbis; *Babbage*: Popperfoto/Getty Images

34: *Máquina diferencial*: Allan J. Cronin; *Máquina analítica*: Science Photo Library/Getty Images; *Tear de Jacquard*: David Monniaux; *Retrato de Jacquard*: © Corbis

46: *Bush*: © Bettmann/Corbis; *Turing*: Wikimedia Commons/Original no Archives Centre, King's College, Cambridge; *Shannon*: Alfred Eisenstaedt/The LIFE Picture Collection/Getty Images

69: *Stibitz*: Universidade Denison, Departamento de Matemática e Ciência da Computação; *Zuse*: Cortesia de Horst Zuse; *Atanasoff*: Departamento de Coleções Especiais/Universidade Estadual de Iowa; *Computador de Atanasoff-Berry*: Departamento de Coleções Especiais/Universidade Estadual de Iowa

81: *Aiken*: Harvard University Archives, UAV 362.7295.8p, B 1, F 11, S 109; *Mauchly*: Apic/Contributor/Hulton Archive/Getty Images; *Eckert*: © Bettmann/Corbis; *ENIAC em 1946*: University of Pennsylvania Archives

98: *Aiken and Hopper*: de um fotógrafo da equipe/© 1946 The Christian Science Monitor (www.CSMonitor.com). Reproduzida com permissão. Cortesia também de Grace Murray Hopper Collection, Archives Center, National Museum of American History, Smithsonian Institution; *Jennings e Bilas com ENIAC*: foto do Exército dos Estados Unidos; *Jennings*: Copyright © Jean Jennings Bartik Computing Museum —

Northwest Missouri State University. Todos os direitos reservados. Usada com permissão; *Snyder*: Copyright © Jean Jennings Bartik Computing Museum — Northwest Missouri State University. Todos os direitos reservados. Usada com permissão.
122: *Von Neumann*: © Bettmann/Corbis; *Goldstine*: Cortesia do Computer History Museum; *Eckert e Cronkite com o UNIVAC*: Escritório do Censo dos Estados Unidos
143: *Bardeen, Shockley, Brattain*: Lucent Technologies/Agence France-Presse/Newscom; *Primeiro transístor*: Reproduzido com permissão de Alcatel-Lucent USA Inc.; *Brinde ao Nobel de Shockley*: Cortesia de Bo Lojek e do Computer History Museum
171: *Noyce*: © Wayne Miller/Magnum Photos; *Moore*: Intel Corporation; *Fairchild Semiconductor*: © Wayne Miller/Magnum Photos
183: *Kilby*: Fritz Goro/The LIFE Picture Collection/Getty Images; *Microchip de Kilby*: Imagem cortesia da Texas Instruments; *Rock*: Louis Fabian Bachrach; *Grove, Noyce, Moore*: Intel Corporation
213: *Spacewar*: Cortesia do Computer History Museum; *Bushnell*: © Ed Kashi/VII/Corbis
230: *Licklider*: Karen Tweedy-Holmes; *Taylor*: Cortesia de Bob Taylor; *Larry Roberts*: Cortesia de Larry Roberts
254: *Davies*: Laboratório Nacional de Física © Crown Copyright/ Science Source Images; *Baran*: Cortesia da RAND Corp.; *Kleinrock*: Cortesia de Len Kleinrock; *Cerf e Kahn*: © Louie Psihoyos/Corbis
277: *Kesey*: © Joe Rosenthal/*San Francisco Chronicle*/Corbis; *Brand*: © Bill Young/*San Francisco Chronicle*/Corbis; *Capa do Whole Earth Catalog*: *Whole Earth Catalog*
294: *Engelbart:* SRI International; *Primeiro mouse*: SRI International; *Brand*: SRI International
307: *Kay*: Cortesia do Computer History Museum; *Dynabook*: Cortesia de Alan Kay; *Felsenstein*: Cindy Charles; *Capa de People's Computer Company*: DigiBarn Computer Museum
322: *Ed Roberts*: Cortesia do Computer History Museum; *Capa da Popular Electronics*: DigiBarn Computer Museum
327: *Allen e Gates*: Bruce Burgess, cortesia da escola Lakeside, Bill Gates, Paul Allen e Fredrica Rice; *Gates*: Wikimedia Commons/Albuquerque, Departamento de Polícia do Novo México; *Equipe da Microsoft*: Cortesia de Microsoft Archives
363: *Jobs e Wozniak*: © DB Apple/dpa/Corbis; *Imagem de tela de Jobs*: YouTube; *Stallman*: Sam Ogden; *Torvalds*: ©Jim Sugar/Corbis
395: *Brand e Brilliant*: © Winni Wintermeyer; *Von Meister*: *The Washington Post*/Getty Images; *Case*: Cortesia de Steve Case
417: *Berners-Lee*: CERN; *Andreessen*: © Louie Psihoyos/Corbis; *Hall e Rheingold*: Cortesia de Justin Hall

449: *Bricklin e Williams*: Don Bulens; *Wales*: Terry Foote via Wikimedia Commons; *Brin e Page*: Associated Press
480: *Lovelace*: Hulton Archive/Getty Images
503: *Vitruvian Man*: © The Gallery Collection/Corbis

Notas

INTRODUÇÃO

1. Henry Kissinger, informações básicas para repórteres, jan. 1974, de arquivo da revista *Time*.

2. Steven Shapin, *The Scientific Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 1996. p. 1.

1. ADA, CONDESSA DE LOVELACE

1. Lady Byron a Mary King, 13 maio 1833. As cartas da família Byron, inclusive as de Ada, estão na Bodleian Library, Oxford. Transcrições de Ada encontram-se em Betty Toole, *Ada, the Enchantress of Numbers: A Selection from the Letters* (Mill Valley: Strawberry, 1992); e em Doris Langley Moore, *Ada, Countess of Lovelace* (Londres: John Murray, 1977). Além das fontes citadas a seguir, esta seção se baseia em Joan Baum, *The Calculating Passion of Ada Byron* (Hamden: Archon, 1986); William Gibson e Bruce Sterling, *The Difference Engine* (Nova York: Bantam, 1991); Dorothy Stein, *Ada* (Cambridge, MA: MIT Press, 1985); Doron Swade, *The Difference Engine* (Nova

York: Viking, 2001); Betty Toole, *Ada: Prophet of the Computer Age* (Mill Valley: Strawberry, 1998); Benjamin Wooley, *The Bride of Science* (Basingstoke: Macmillan, 1999); Jeremy Bernstein, *The Analytical Engine* (Nova York: Morrow, 1963); James Gleick, *The Information* (Nova York: Pantheon, 2011, cap. 4). Salvo indicação em contrário, as citações de cartas de Ada baseiam-se nas transcrições de Toole.

Entre os autores que escreveram sobre Ada Lovelace há quem a canonize e quem a desmascare. Os livros mais abrangentes são os de Toole, Wooley e Baum; o mais acadêmico e equilibrado é o de Stein. Para um desmascaramento de Ada Lovelace, ver Bruce Collier, "The Little Engines That Could've", tese de doutorado, Harvard, 1970, <robroy.dyndns.info/collier/>. Ele escreve: "Ela foi uma maníaco-depressiva com assombrosos delírios sobre seus talentos. [...] Ada era doida varrida, e além de problemas pouco mais contribuiu para as 'Notas'".

2. Richard Holmes, *The Age of Wonder*. Nova York: Pantheon, 2008. p. 450.

3. Laura Snyder, *The Philosophical Breakfast Club*. Nova York: Broadway, 2011. p. 190.

4. Charles Babbage, *The Ninth Bridgewater Treatise* (1837), capítulos 2 e 8, <www.victorianweb.org/science/science_texts/bridgewater/intro.htm>; Snyder, *The Philosophical Breakfast Club*, p. 192.

5. Toole, *Ada, The Enchantress of Numbers*, p. 51.

6. Sophia De Morgan, *Memoir of Augustus de Morgan*. Londres: Longman, 1882. p. 9; Stein, *Ada*, p. 41.

7. Holmes, *The Age of Wonder*, p. xvi.

8. Ethel Mayne, *The Life and Letters of Anne Isabella, Lady Noel Byron*. Nova York: Scribner's, 1929. p. 36; Malcolm Elwin, *Lord Byron's Wife*. Londres: Murray, 1974. p. 106.

9. Lord Byron a Lady Melbourne, 28 set. 1812, em John Murray (Org.), *Lord Byron's Correspondence*. Nova York: Scribner's, 1922. p. 88.

10. Stein, *Ada*, p. 14, da biografia de Byron por Thomas Moore, baseada em diários de Byron destruídos.

11. Wooley, *The Bride of Science*, p. 60.

12. Stein, *Ada*, p. 16; Wooley, *The Bride of Science*, p. 72.

13. Wooley, *The Bride of Science*, p. 92.

14. Ibid, p. 94.

15. John Galt, *The Life of Lord Byron*. Londres: Colburn and Bentley, 1830. p. 316.

16. Catherine Turney, *Byron's Daughter: A Biography of Elizabeth Medora Leigh*. Newton Abbot: Readers Union, 1975. p. 160.

17. Velma Huskey e Harry Huskey, "Lady Lovelace and Charles Babbage". *IEEE Annals of the History of Computing*, out.-dez. 1980.

18. Ada a Charles Babbage, 30 jul. 1843.

19. Ada a Lady Byron, 11 jan. 1841.

20. Toole, *Ada, The Enchantress of Numbers*, p. 136.

21. Ada a Lady Byron, 6 fev. 1841; Stein, *Ada*, p. 87.

22. Stein, *Ada*, p. 38

23. Harry Wilmot Buxton e Anthony Hyman, *Memoir of the Life and Labours of the Late Charles Babbage* (*c*. 1872). Reimpresso por Charles Babbage Institute/MIT Press, 1988. p. 46.

24. Martin Campbell Kelly e William Aspray, *Computer: A History of the Information Machine*. Boulder, CO: Westview, 2009. p. 6.

25. Swade, *The Difference Engine*, p. 42; Bernstein, *The Analytical Engine*, p. 46 e passim.

26. James Essinger, *Jacquard's Web*. Nova York: Oxford, 2004. p. 23.

27. Ada a Charles Babbage, 16 fev. 1840.

28. Ada a Charles Babbage, 12 jan. 1841.

29. Charles Babbage, *Passages from the Life of a Philosopher*. Londres: Longman Green, 1864. p. 136.

30. Luigi Menabrea, com notas de tradução para as memórias por Ada Augusta, condessa de Lovelace, "Sketch of the Analytical Engine, Invented by Charles Babbage", out. 1842, <fourmilab.ch/babbage/sketch.html>.

31. Babbage, *Passages from the Life of a Philosopher*, p. 136; John Fuegi e Joe Francis, "Lovelace & Babbage and the Creation of the 1843 'Notes'". *Annals of the History of Computing*, out. 2003.

32. Todas as citações de Menabrea e das notas de Lovelace são de Menabrea, "Sketch of the Analytical Engine".

33. Charles Babbage a Ada, 1843, em Toole, *Ada, The Enchantress of Numbers*, p. 197.

34. Fala do filme *Ada Byron Lovelace: To Dream Tomorrow*, dirigido e produzido por John Fuegi e Joc Francis. Flare Productions, 2003; também Fuegi e Francis, "Lovelace & Babbage".

35. Ada a Charles Babbage, 5 jul. 1843.

36. Ada a Charles Babbage, 2 jul. 1843.

37. Ada a Charles Babbage, 6 ago. 1843; Wooley, *The Bride of Science*, p. 278; Stein, *Ada*, p. 114.

38. Ada a Lady Byron, 8 ago. 1843.

39. Ada a Charles Babbage, 14 ago. 1843.

40. Ibid.

41. Ibid.

42. Ada a Lady Lovelace, 15 ago. 1843.

43. Stein, *Ada*, p. 120.

44. Ada a Lady Byron, 22 ago. 1843.

45. Ada a Robert Noel, 9 ago. 1843.

2. O COMPUTADOR

1. Andrew Hodges, *Alan Turing: The Enigma* (Nova York: Simon and Schuster, 1983; localizações da "Centenary Edition" do Kindle, p. 439). Além das fontes citadas a seguir, esta seção se baseia na biografia de Hodges e em seu website, <www.turing.org.uk>; na correspondência e em documentos do Turing Archive, <turingarchive.org/>; David Leavitt, *The Man Who Knew Too Much* (Nova York: Atlas Books, 2006); S. Barry Cooper e Jan van Leeuwen, *Alan Turing: His Work and Impact* (Waltham, MA: Elsevier, 2013); Sara Turing, *Alan M. Turing* (Cambridge: Cambridge University Press, 1959); as localizações baseiam-se na "Centenary Edition" do Kindle, com posfácio de John F. Turing, publicado em 2012; Simon Lavington (Org.), *Alan Turing and His Contemporaries* (Swindon: BCS, 2012).

2. John Turing em Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 146.

3. Hodges, *Alan Turing*, p. 590.

4. Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 56.

5. Hodges, *Alan Turing*, p. 1875.

6. Alan Turing a Sara Turing, 16 fev. 1930, Turing Archive; Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 25.

7. Hodges, *Alan Turing*, p. 244.

8. Ibid., p. 2972.

9. Alan Turing, "On Computable Numbers". *Proceedings of the London Mathematical Society*, apresentado em 12 nov. 1936.

10. Alan Turing, "On Computable Numbers", p. 241.

11. Max Newman a Alonzo Church, 31 maio 1936, em Hodges, *Alan Turing*, p. 3439. Alan Turing a Sara Turing, 29 maio, 1936, Turing Archive.

12. Alan Turing a Sara Turing, 11 fev. e 22 fev. 1937, Turing Archive; Alonzo Church, "Review of A. M. Turing's 'On Computable Numbers'". *Journal of Symbolic Logic*, 1937.

13. Essa seção sobre Shannon se baseia em Jon Gertner, *The Idea Factory: Bell Labs and the Great Age of American Innovation* (Nova York: Penguin, 2012; localizações da edição Kindle), capítulo 7; M. Mitchell Waldrop, "Claude Shannon: Reluctant Father of the Digital Age" (*MIT Technology Review*, jul. 2001); Graham Collins, "Claude E. Shannon: Founder of Information Theory" (*Scientific American*, out. 2012); James Gleick, *The Information* (Nova York: Pantheon, 2011, cap. 7).

14. Peter Galison, *Image and Logic*. Chicago: University of Chicago, 1997. p. 781.

15. Claude Shannon, "A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits". *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, dez. 1938. Para uma explicação clara, ver Daniel Hillis, *The Pattern of the Stone* (Nova York: Perseus, 1998, pp. 2-10).

16. Paul Ceruzzi, *Reckoners: The Prehistory of the Digital Computer*. Westport, CT: Greenwood, 1983. p. 79. Ver também Computer History Museum, "George Stibitz", <www.computerhistory.org/revolution/birth-of-the-computer/4/85>.

17. História oral de Howard Aiken, entrevistadores Henry Tropp e I. Bernard Cohen, Smithsonian Institution, fev. 1973.

18. Howard Aiken, "Proposed Automatic Calculating Machine". *IEEE Spectrum*, ago. 1964; Cassie Ferguson, "Howard Aiken: Makin' a Computer Wonder". *Harvard Gazette*, 9 abr. 1998.

19. I. Bernard Cohen, *Howard Aiken: Portrait of a Computer Pioneer*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999. p. 9.

20. Kurt Beyer, *Grace Hopper and the Invention of the Information Age*. Cambridge, MA: MIT Press, 2009. p. 75.

21. Cohen, *Howard Aiken*, p. 115.

22. Ibid., pp. 98 e passim.

23. Beyer, *Grace Hopper*, p. 80.

24. Ceruzzi, *Reckonners*, p. 65.

25. Horst Zuse (filho), *The Life and Work of Konrad Zuse*, <www.horstzuse.homepage.t-online.de/Konrad_Zuse_index_english_html/biography.html>.

26. Arquivo Konrad Zuse, <www.zib.de/zuse.home.php/Main/KonradZuse>; Ceruzzi, *Reckoners*, p. 26.

27. Horst Zuse, *The Life and Work of Konrad Zuse*, parte 4; Ceruzzi, *Reckoners*, p. 28.

28. A história de John Atanasoff e a controvérsia sobre o crédito que ele merece ensejou textos exaltados. Uma batalha histórica e legal opõe Atanasoff aos criadores do ENIAC, John Mauchly e Presper Eckert. Os quatro principais livros sobre Atanasoff foram escritos por pessoas que procuraram tomar seu partido nessa disputa. Alice Burks, *Who Invented the Computer?* (Amherst, NY: Prometheus, 2003; localizações da edição Kindle) baseia-se em parte nos documentos da batalha legal. Alice Burks e Arthur Burks, *The First Electronic Computer: The Atanasoff Story* (Ann Arbor: University of Michigan Press, 1988) é um livro anterior, mais técnico; Arthur Burks foi um engenheiro da equipe do ENIAC que acabou criticando Eckert e Mauchly. Clark Mollenhoff, *Atanasoff: Forgotten Father of the Computer* (Ames: Iowa State University Press, 1988) foi escrito por um repórter laureado com o prêmio Pulitzer que chefiou a sucursal de Washington do *Des Moines Register*; quando soube sobre Atanasoff, procurou ressuscitá-lo do esquecimento da história. Jane Smiley, *The Man Who Invented the Computer* (Nova York: Doubleday, 2010) é obra da aclamada escritora que fez um estudo intensivo da história do computador e se tornou defensora de Atanasoff. Sobre os antecedentes e o envolvimento pessoal de Alice e Arthur Burks, ver seu artigo "Memoir of the 1940s" (*Michigan Quarterly Review*, primavera 1977), <hdl.handle.net/2027/spo.act2080.0036.201>. Esta seção também

se baseia em Allan Mackintosh, "Dr. Atanasoff's Computer" (*Scientific American*, ago. 1988); Jean Berry, "Clifford Edward Berry: His Role in Early Computers" (*Annals of the History of Computing*, jul. 1986); William Broad, "Who Should Get the Glory for Inventing the Computer?" (*New York Times*, 22 mar. 1983).

29. John Atanasoff, "Advent of Electronical Digital Computing". *Annals of the History of Computing*, p. 234, jul. 1984.

30. Ibid., p. 238.

31. Ibid., p. 234.

32. Katherine Davis Fishman, *The Computer Establishment*. Nova York: Harper and Row, 1981. p. 22.

33. Depoimento de Atanasoff, *Honeywell v. Sperry Rand*, 15 jun. 1971, transcrição p. 1700, em Burks, *Who Invented the Computer?*, p. 1144. Os arquivos do julgamento encontram-se na Universidade da Pensilvânia, <www.archives.upenn/edu/faids/upd/eniactrial/upd8_10.html>, e no Charles Babbage Institute, da Universidade de Minnesota, <discover.lib.umn.edu/cgi/f/findaid/findaididx?c=umfa;cc=umfa;rgn=main;view=text;didno=cbi00001>.

34. Depoimento de Atanasoff, transcrição p. 1703.

35. Atanasoff, "Advent of Electronic Computing", p. 244.

36. John Atanasoff, "Computing Machine for the Solution of Large Systems of Linear Algebraic Equations", 1940, disponível on-line no site da Universidade Estadual de Iowa, <jva.cs.iastate.edu/img/Computing%20machine.pdf>. Para análise detalhada, ver Burks e Burks, *The First Electronic Computer*, p. 7 e passim.

37. Robert Stewart, "The End of the ABC". *Annals of the History of Computing*, jul. 1984; Mollenhoff, *Atanasoff*, p. 73.

38. Esta seção se baseia na história oral de John Mauchly, entrevista por Henry Tropp, 10 jan. 1973, Smithsonian Institution; história oral de John Mauchly, entrevista por Nancy Stern, 6 maio 1977, American Institute of Physics (AIP); Scott McCartney, *ENIAC* (Nova York: Walker, 1999); Herman Goldstine, *The Computer from Pascal to Von Neumann* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1972; localizações da edição Kindle); Kathleen Mauchly, "John Mauchly's Early Years" (*Annals of the History of Computing*, abr. 1984); David Ritchie, *The Computer Pioneers* (Nova York: Simon and Schuster, 1986); Bill Mauchly e outros, website "The ENIAC", <the-eniac.com/first/>; Howard Rheingold, *Tools for Thought* (Cambridge, MA: MIT Press, 2000); Joel Shurkin, *Engines of the Mind: A History of the Computer* (Nova York: Washington Square Press, 1984).

39. John Costello, "The Twig is Bent: The Early Life of John Mauchly". *IEEE Annals of the History of Computing*, 1996.

40. História oral de Mauchly, AIP.

41. Costello, "The Twig is Bent".

42. McCartney, *ENIAC*, p. 82.

43. Kay McNulty Mauchly Antonelli, "The Kathleen McNulty Mauchly Antonelly Story", 26 mar. 2004, website ENIAC, <sites.google.com/a/opgate.com/eniac/Home/kay-mcnulty-mauchly-antonelly>; McCartney, ENIAC, p. 32.

44. Ritchie, *The Computer Pioneers*, p. 129; Rheingold, *Tools for Thought*, p. 80.

45. McCartney, *ENIAC*, p. 34.

46. Kathleen Mauchly, "John Mauchly's Early Years".

47. McCartney, *ENIAC*, p. 36.

48. Kathleen Mauchly, "John Mauchly's Early Years".

49. John Mauchly a H. Helm Clayton, 15 nov. 1940.

50. John Mauchly a John de Wire, 4 dez. 1940; Kathleen Mauchly, "John Mauchly's Early Years".

51. Mauchly a Atanasoff, 19 jan. 1941; Atanasoff a Mauchly, 23 jan. 1941; história oral de Mauchly, Smithsonian Institution; Burks, *Who Invented the Computer?*, p. 668.

52. A batalha em torno do que aconteceu foi travada em *Annals of the History of Computing*, com numerosos artigos, comentários e cartas acerbas. Esta seção e a seguinte, sobre a batalha legal, derivam dessas obras. Entre elas estão: Arthur Burks e Alice Burks, "The ENIAC: First General-Purpose Electronic Computer", com comentários de John Atanasoff, J. Presper Eckert, Kathleen R. Mauchly e Konrad Zuse, e uma resposta de Burks e Burks, *Annals of the History of Computing*, out. 1981, pp. 310-99 (mais de oitenta páginas sobre essa questão foram dedicadas a alegações e contestações, gerando certa contrariedade nos editores); Kathleen Mauchly, "John Mauchly's Early Years" (*Annals of the History of Computing*, abr. 1984); John Mauchly, "Mauchly: Unpublished Remarks", com posfácio de Arthur Burks e Alice Burks (*Annals of the History of Computing*, jul. 1982); Arthur Burks, "Who Invented the General Purpose Computer?", palestra na Universidade de Michigan, 2 abr. 1974; James McNulty, carta ao editor, *Datamation*, jun. 1980.

53. Depoimento de Lura Meeks Atanasoff, *Sperry v. Honeywell*; Burks, *Who Invented the Computer?*, p. 1445.

54. Mollenhoff, *Atanasoff*, p. 114.

55. História oral de Mauchly, Smithsonian Institution; John Mauchly, "Fireside Chat", 13 nov. 1973 (*Annals of the History of Computing*, jul. 1982).

56. Ritchie, *The Computer Pioneers*, p. 142.

57. História oral de Mauchly, Smithsonian Institution.

58. Depoimento de John Mauchly, *Sperry v. Honeywell*; Burks, *Who Invented the Computer?*, p. 429.

59. John Mauchly a John Atanasoff, 30 set. 1941, autos do julgamento *Sperry v. Honeywell*.

60. Atanasoff a Mauchly, 7 out. 1941, autos do julgamento *Sperry v. Honeywell*.

61. Além das fontes citadas a seguir, esta seção se baseia em Peter Eckstein,

"Presper Eckert" (*Annals of the History of Computing*, primavera 1996); história oral de J. Presper Eckert, entrevista por Nancy Stern, 28 out. 1977, Charles Babbage Institute, Universidade de Minnesota; Nancy Stern, *From ENIAC to UNIVAC* (Bedford, MA: Digital Press, 1981); J. Presper Eckert, "Thoughts on the History of Computing" (*Computer*, dez. 1976); J. Presper Eckert, "The ENIAC", John Mauchly, "The ENIAC", e Arthur W. Burks, "From ENIAC to the Stored Program Computer", todos em Nicholas Metropolis et al. (Orgs.), *A History of Computing in the Twentieth Century* (Nova York: Academic Press, 1980); Alexander Randall, "A Lost Interview with Presper Eckert" (*Computerworld*, 4 fev. 2006).

62. História oral de Eckert, Charles Babbage Institute.

63. Eckstein, "Presper Eckert".

64. Ritchie, *The Computer Pioneers*, p. 148.

65. História oral de Eckert, Charles Babbage Institute.

66. John W. Mauchly, "The Use of High Speed Vacuum Tube Devices for Calculating", 1942. In: Brian Randell (Org.), *The Origins of Digital Computers: Selected Papers* (Nova York: Springer-Verlag, 1973, p. 329). Ver também John G. Brainerd, "Genesis of the ENIAC" (*Technology and Culture*, p. 482, jul. 1976).

67. História oral de Mauchly, Smithsonian Institution; Goldstine, *The Computer from Pascal to Von Neumann*, p. 3169; McCartney, *ENIAC*, p. 61.

68. Burks, *Who Invented the Computer?*, p. 71.

69. McCartney, *ENIAC*, p. 89.

70. História oral de Eckert, Charles Babbage Institute.

71. Ibid.

72. Ibid. Randall, "A Lost Interview with Presper Eckert".

73. Hodges, *Alan Turing*, p. 3628.

74. Além da biografia de Hodges, *Alan Turing*, esta seção se baseia em B. Jack Copeland, *Colossus: The Secrets of Bletchley Park's Codebreaking Computers* (Oxford: Oxford University Press, 2006); I. J. Good, "Early Work on Computers at Bletchley" (*Annals of the History of Computing*, jul. 1979); Tommy Flowers, "The Design of Colossus" (*Annals of the History of Computing*, jul. 1983); Simon Lavington (Org.), *Alan Turing and His Contemporaries* (Swindon: BCS, 2012); Sinclair McKay, *The Secret Life of Blethcley Park: The History of the Wartime Codebreaking Centre by the Men and Women Who Were There* (Londres: Aurum Press, 2010); e em minha visita a Bletchley Park e nos acadêmicos, guias de excursão, displays e materiais disponíveis no local.

75. Randall, "A Lost Interview with Presper Eckert".

76. Os arquivos do julgamento *Honeywell v. Sperry*. Ver também Charles E. McTiernan, "The ENIAC Patent" (*Annals of the History of Computing*, abr. 1998).

77. Decisão do juiz Earl Richard Larson, *Honeywell v. Sperry Rand*.

78. Randall, "A Lost Interview with Presper Eckert".

3. PROGRAMAÇÃO

1. Alan Turing, "Intelligent Machinery". Relatório ao National Physical Laboratory, jul. 1948, <www.AlanTuring.net/intelligent_machinery>.

2. Além das fontes citadas a seguir, esta seção se baseia em Kurt Beyer, *Grace Hopper and the Invention of the Information Age* (Cambridge, MA: MIT Press, 2009), e no valioso conjunto de histórias orais de Grace Hopper: Smithsonian Institution (cinco sessões), jul. 1968, nov. 1968, 7 jan. 1969, 4 fev. 1969, 5 jul. 1972; Computer History Museum, dez. 1980; entrevista de Grace Hopper, set. 1982, projeto de história oral Women in Federal Government, Radcliffe Institute, Harvard.

3. Kurt Beyer aponta-a, de maneira equivocada, como a primeira a se doutorar em matemática por Yale. Charlotte Barnum foi a primeira, em 1895, e houve dez antes de Hopper. Ver Judy Green e Jeanne LaDuke, *Pioneering Women in American Mathematics: The Pre-1940 PhDs* (Providence: American Mathematical Society, 2009, p. 53). Beyer, *Grace Hopper*, pp. 25-6.

4. História oral de Hopper, Smithsonian Institution, 5 jul. 1972.

5. História oral de Hopper, Smithsonian Institution, jul. 1968; Rosario Rausa, "In Profile, Grace Murray Hopper" (*Naval History*, outono 1992).

6. Histórias orais de Hopper (ela contou a mesma história), Computer History Museum e Smithsonian Institution, 5 jul. 1972.

7. Equipe da Harvard Computation Library [Grace Hopper e Howard Aiken], *A Manual of Operation for the Automatic Sequence Controlled Calculator*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1946.

8. História oral de Grace Hopper, Computer History Museum.

9. Beyer, *Gracce Hopper*, p. 130.

10. Ibid., p. 135.

11. História oral de Richard Bloch, Charles Babbage Institute, Universidade de Minnesota.

12. Beyer, *Grace Hopper*, p. 53.

13. Comentários no painel de discussão sobre Grace Hopper e Richard Bloch, 30 ago. 1967, em Henry S. Tropp, "The 20th Anniversary Meeting of the Association for Computing Machinery" (*IEEE Annals*, jul. 1987).

14. Beyer, *Grace Hopper*, p. 5.

15. História oral de Hopper, Smithsonian Institution, 5 jul. 1972.

16. História oral de Howard Aiken, entrevista por Henry Tropp e I. Bernard Cohen, Smithsonian Institution, fev. 1973.

17. Grace Hopper e John Mauchly, "Influence of Programming Techniques on the Design of Computers" (*Proceedings of the IRE*, out. 1953).

18. Diário do computador de Harvard, 9 set. 1947, <www.history.navy.mil/photos/images/h96000/h96566k.jpg>.

19. História oral de Grace Hopper, Smithsonian Institution, nov. 1968.

20. *The Moore School Lectures*, Charles Babbage Institute, reimpressão. Cambridge, MA: MIT Press, 1985.

21. História oral de Hopper, Smithsonian Institution, nov. 1968.

22. Além das fontes citadas a seguir, esta seção se baseia em Jean Jennings Bartik, *Pioneer Programming* (Kirksville: Truman State University Press, 2013; localizações da edição Kindle); história oral de Jean Bartik, entrevista por Gardner Hendrie, Computer History Museum, 1 jul. 2008; história oral de Jean Bartik, entrevista por Janet Abbate, IEEE Global History Network, 3 ago. 2001; Steve Lohr, "Jean Bartik, Software Pioneer, Dies at 86" (*New York Times*, 7 abr. 2011); Jennifer Light, "When Computers Were Women" (*Technology and Culture*, jul. 1999).

23. Jordynn Jack, *Science on the Home Front: American Women Scientists in World War II*. Urbana: University of Illinois Press, 2009. p. 3.

24. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, p. 1282.

25. W. Barkley Fritz, "The Women of ENIAC" (*IEEE Annals of the History of Computing*, outono 1996).

26. Ibid.

27. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, p. 1493. Ver também LeAnn Erickson, "Top Secret Rosies: The Female Computers of WWII" (vídeo, PBS, 2002); Bill Mauchly, website do ENIAC, <sites.google.com/a/opgate.com.eniac/>; Thomas Petzinger Jr., "History of Software Begins with Work of Some Brainy Women" (*Wall Street Journal*, 15 nov. 1996). Kathy Kleiman ajudou a obter reconhecimento para as mulheres programadoras depois de conhecê-las quando pesquisava para sua tese de graduação em Harvard sobre mulheres na computação em 1986, e coproduziu um documentário de vinte minutos intitulado *The Computers*, que estreou em 2014. Ver o website do Projeto Programadores do ENIAC, <eniacprogrammers.org/>.

28. Kay McNulty Mauchly Antonelly, "The Kathleen McNulty Mauchly Antonelly Story", website do ENIAC, <sites.google.com/a/opgate.com/eniac/Home/kay-mcnulty-mauchly-antonelli>.

29. Fritz, "The Women of ENIAC".

30. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, p. 1480.

31. Autumn Stanley, *Mothers and Daughters of Invention*. New Brunswick, NJ: Rutgers, 1995. p. 443.

32. Fritz, "The Women of ENIAC".

33. História oral de Jean Jennings Bartik e Betty Snyder Holberton, entrevista por Henry Tropp, Smithsonian Institution, 27 abr. 1973.

34. História oral de Jean Jennings Bartik, Computer History Museum.

35. Ibid.

36. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, p. 557.

37. Eckert e Mauchly, "Progress Report on ENIAC", 31 dez. 1943. In: Nancy Stern, *From ENIAC to UNIVAC*. Digital Press, 1981.

38.John Mauchly, "Amending the ENIAC Story", carta ao editor de *Datamation*,

out. 1979.

39. Presper Eckert, "Disclosure of a Magnetic Calculating Machine", 29 jan. 1944, exibição experimental desclassificada, nos arquivos Don Knuth, Computer History Museum; Mark Priestley, *A Science of Operations* (Londres: Springer, 2011, p. 127); Stern, *From ENIAC to UNIVAC*, p. 28.

40. Além das notas específicas a seguir, esta seção se baseia em William Asprey, *John von Neumann and the Origins of Modern Computing* (Cambridge, MA: MIT Press, 1990); Nancy Stern, "John von Neumann's Influence on Electronic Digital Computing, 1944-1946" (*IEEE Annals of the History of Computing*, out.-dez. 1980); Stanislaw Ulam, "John von Neumann" (*Bulletin of the American Mathematical Society*, fev. 1958); George Dyson, *Turing's Cathedral* (Nova York: Random House, 2012; localizações da edição Kindle); Herman Goldstine, *The Computer from Pascal to Von Neumann* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1972; localizações da edição Kindle).

41. Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 41.

42. Nicholas Vonneumann, "John Von Neumann as Seen by His Brother". Impressão provada, 1987, p. 22, excerto intitulado "John von Neumann: Formative Years" (*IEEE Annals*, outono 1989).

43. Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 45.

44.Goldstine, *The Computer from Pascal to Von Neumann*, p. 3550.

45. Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 1305.

46. Ibid., p. 1395.

47. História oral de Hopper, Smithsonian Institution, 7 jan. 1969.

48. História oral de Bloch, 22 fev. 1984, Charles Babbage Institute.

49. Robert Slater, *Portraits in Silicon* (Cambridge, MA: MIT Press, 1987, p. 88); Beyer, *Grace Hopper and the Invention of the Information Age*, p. 9.

50. Goldstine, *The Computer from Pascal to Von Neumann*, p. 3634.

51. Ibid., p. 3840.

52. Ibid., p. 199; Goldstine a Gillon, 2 set. 1944; Beyer, *Grace Hopper and the Invention of the Information Age*, p. 120. Ver também John Mauchly, "Amending the ENIAC Story", carta ao editor de *Datamation*, out. 1979; Arthur W. Burks, "From ENIAC to the Stored Program Computer". In: Nicholas Metropolis et al. (Orgs.), *A History of Computing in the Twentieth Century* (Nova York: Academic Press, 1980).

53. História oral de Jean Jennings Bartik e Betty Snyder Holberton, Smithsonian Institution, 27 abr. 1973.

54. McCartney, *ENIAC*, p. 116.

55. História oral de Jean Jennings Bartik e Betty Snyder Holberton, Smithsonian Institution, 27 abr. 1973.

56. Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 53.

57. Burks, *Who Invented the Computer?*, p. 161; Norman Macrae, *John von Neumann* (Providence: American Mathematical Society, 1992, p. 281).

58. Ritchie, *The Computer Pioneers*, p. 178.

59. História oral de Presper Eckert, entrevista por Nancy Stern, Charles Babbage Institute, 28 out. 1977; Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 1952.

60. John von Neumann, "First Draft of a Report on the EDVAC". U. S. Army Ordnance Department e Universidade da Pensilvânia, 30 jun. 1945. Relatório disponível em <www.virtualtravelog.net/wp/wp-content/media/2003-08-TheFirstDraft.pdf>.

61. Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 1957. Ver também Aspray, *John von Neumann and the Origins of Modern Computing*.

62. História oral de Eckert, Charles Babbage Institute. Ver também McCartney, *ENIAC*, p. 125, citando Eckert: "Fomos claramente logrados por John von Neumann, que conseguiu fazer com que minhas ideias fossem chamadas em alguns círculos de 'a arquitetura Von Neumann'".

63. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, p. 518.

64. Charles Duhigg e Steve Lohr, "The Patent, Used as a Sword" (*New York Times*, 7 out. 2012).

65. McCartney, *ENIAC*, p. 103.

66. C. Dianne Martin, "ENIAC: The Press Conference that Shook the World" (*IEEE Technology and Society*, dez. 1995).

67. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, p. 1878.

68. Fritz, "The Women of ENIAC".

69. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, p. 1939.

70. História oral de Jean Jennings Bartik e Betty Snyder Holberton, Smithsonian Institution, 27 abr. 1973.

71. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, pp. 672, 1959, 1964, 1995.

72. T. R. Kennedy, "Electronic Computer Flashes Answers" (*New York Times*, 15 fev. 1946).

73. McCartney, *ENIAC*, p. 107.

74. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, pp. 2026, 2007.

75. História oral de Jean Jennings Bartik, Computer History Museum.

76. McCartney, *ENIAC*, p. 132.

77. Steven Henn, "The Night a Computer Predicted the Next President" (NPR, 31 out. 2012); Alex Bochannek, "Have You Got a Prediction for Us, UNIVAC?", Computer History Museum, <www.computerhistory.org/atchm/have-you-got-a-prediction-for-us-univac/>. Alguns informes dizem que a CBS não transmitiu a predição sobre Eisenhower porque pesquisas pré-eleitorais haviam predito que Stevenson ganharia. Isso não é verdade; as pesquisas tinham predito vitória de Eisenhower.

78. História oral de Hopper, Computer History Museum, dez. 1980.

79. Beyer, *Grace Hopper*, p. 277.

80. Von Neumann a Stanley Frankel, 29 out. 1946; Joel Shurkin, *Engines of the*

Mind (Nova York: Washington Square Press, 1984, p. 204). Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 1980; Stern, "John von Neumann's Influence on Electronic Digital Computing".

81. História oral de Eckert, Charles Babbage Institute.

82. Goldstine, *The Computer from Pascal to Von Neumann*, p. 5077.

83. Crispin Rope, "ENIAC as a Stored-Program Computer: A New Look at the Old Records" (*IEEE Annals of the History of Computing*, out. 2007); Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 4429.

84. Fritz, "The Women of the ENIAC".

85. Maurice Wilkes, "How Babbage's Dream Came True" (*Nature*, out. 1975).

86. Hodges, *Alan Turing*, p. 10622.

87. Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 2024. Ver também Goldstine, *The Computer from Pascal to Von Neumann*, p. 5376.

88. Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 6092.

89. Hodges, *Alan Turing*, p. 6972.

90. Alan Turing, "Lecture to the London Mathematical Society", 20 fev. 1947, <www.turingarchive.org/>; Hodges, *Alan Turing*, p. 9687.

91. Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 5921.

92. Geoffrey Jefferson, "The Mind of Mechanical Man", Lister Oration, 9 jun. 1949, Turing Archive, <www.turingarchive.org/browse.php/B/44>.

93. Hodges, *Alan Turing*, p. 10983.

94. Para uma versão on-line, ver <loebner.net/Prizef/TuringArticle.html>.

95. John Searle, "Minds, Brains and Programs" (*Behavioral and Brain Sciences*, 1980). Ver também "The Chinese Room Argument". *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <plato.stanford.edu/entries/chinese-room/>.

96. Hodges, *Alan Turing*, p. 11305; Max Newman, "Alan Turing, An Appreciation" (*Machester Guardian*, 11 jun. 1954).

97. M. H. A. Newman, Alan M. Turing, Sir Geoffrey Jefferson e R. B. Braithwaite, "Can Automatic Calculating Machines be Said to Think?", transmissão da BBC em 1952, reimpressa em Stuart Shieber (Org.), *The Turing Test: Verbal Behavior as the Hallmark of Intelligence* (Cambridge, MA: MIT Press, 2004); Hodges, *Alan Turing*, p. 12120.

98. Hodges, *Alan Turing*, p. 12069.

99. Ibid., p. 12404. Para discussões sobre o suicídio e o caráter de Turing, ver Robin Gandy, obituário não publicado de Alan Turing pelo *Times*, e outros itens nos Turing Archives, <www.turingarchive.org/>. Sua mãe, Sara, preferia acreditar que a morte de Turing foi, em vez de suicídio, um acidente causado quando ele estava usando cianeto para folhear a ouro uma colher. Ela enviou ao arquivo do filho uma colher que encontrou no laboratório dele com um bilhete: "Esta é a colher que encontrei no laboratório de Alan Turing. É semelhante a uma que ele próprio folheou a ouro. Parece bem provável que seu intuito fosse folhear esta usando cianeto

de potássio feito por ele mesmo". Objeto AMT/A/12, Turing Archive, <www.turingarchive.org/browse/php/A/12>.

4. O TRANSÍSTOR

1. Jon Gertner, *The Idea Factory: Bell Labs and the Great Age of American Innovation* (Nova York: Penguin, 2012; localizações da edição Kindle). Além de citações específicas a seguir, as fontes para esta seção incluem Joel Shurkin, *Broken Genius: The Rise and Fall of William Shockley* (Nova York: Macmillan, 2006; localizações da edição Kindle); Lillian Hoddeson e Vicki Daitch, *True Genius: The Life and Science of John Bardeen* (Washington, D. C.: National Academy Press, 2002); Michael Riordan e Lillian Hoddeson, *Crystal Fire: The Invention of the Transistor and the Birth of the Information Age* (Nova York: Norton, 1998); William Shockley, "The Invention of the Transistor — An Example of Creative-Failure Methodology" (*National Bureau of Standards Special Publication*, maio 1974, pp. 47-89); William Shockley, "The Path to the Conception of the Junction Transistor" (*IEEE Transactions of Electron Device*, jul. 1976); David Pines, "John Bardeen" (*Proceedings of the American Philosophical Society*, set. 2009); "Special Issue: John Bardeen" (*Physics Today*, abr. 1992, com recordações de sete colegas); John Bardeen, "Semiconductor Research Leading to the Point Contact Transistor", conferência do prêmio Nobel, 11 dez. 1956; John Bardeen, "Walter Houser Brattain: A Biographical Memoir" (National Academy of Sciences, 1994); *Transistorized!*, PBS, transcrições e entrevistas, 1999, <www.pbs.org/transistor/index/html>; história oral de William Shockley, American Institute of Physics (AIP), 10 set. 1974; história oral de Shockley Semiconductor, Computer History Museum, 27 fev. 2006; história oral de John Bardeen, AIP, 12 maio 1977; história oral de Walter Brattain, AIP, jan. 1964.

2. Gertner, *The Idea Factory*, p. 2255.

3. Shurkin, *Broken Genius*, p. 2547.

4. John Pierce, "Mervin Joe Kelly: 1894-1971", National Academy of Sciences, Biographical Memoirs, 1975, <www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/kelly-mervin-pdf>; Gertner, *The Idea Factory*, p. 2267.

5. Shurkin, *Broken Genius*, p. 178.

6. Ibid., p. 231.

7. Ibid., p. 929; Lilian Hoddeson, "The Discovery of the Point-Contact Transistor". *Historical Studies in the Physical Sciences*, v. 12, n. 1, p. 76, 1981.

8. Entrevista com John Pierce, *Transistorized!*, PBS, 1999.

9. Shurkin, *Broken Genius*, p. 935; Shockley, "The Path to the Conception of the Junction Transistor".

10. Gertner, *The Idea Factory*, p. 1022.

11. Ibid., p. 1266.

12. Ibid., p. 1336.

13. História oral de Brattain, AIP.

14. Pines, "John Bardeen".

15. Bardeen, "Walter Houser Brattain".

16. História oral de Brattain, AIP.

17. Riordan e Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 126.

18. Shockley, "The Path to the Conception of the Junction Transistor"; Michael Riordan, "The Lost History of the Transistor". *IEEE Spectrum*, maio 2004.

19. Riordan e Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 121.

20. História oral de Brattain, AIP.

21. Riordan e Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 131.

22. Bardeen, "Semiconductor Research Leading to the Point Contact Transistor", conferência do prêmio Nobel.

23. História oral de Brattain, AIP.

24. Ibid.

25. Shurkin, *Broken Genius*, p. 1876.

26. Riordan e Hoddeson, *Crystal Fire*, pp. 4, 137.

27. Ibid., p. 139.

28. Shurkin, *Broken Genius*, p. 1934.

29. Shockley, "The Path to the Conception of the Juction Transistor".

30. História oral de Brattain, AIP.

31. Riordan e Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 148.

32. Shockley, "The Path to the Conception of the Junction Transistor".

33. Ibid.

34. Id., "The Invention of the Transistor"; Gertner, *The Idea Factory*, p. 1717.

35. Entrevista de Brattain, "Naming the Transistor", PBS, 1999; entrevista de Pierce, PBS, 1999.

36. Mervin Kelly, "The First Five Years of the Transistor". *Bell Telephone Magazine*, verão 1953.

37. História oral de Nick Holonyak, AIP, 23 mar. 2005.

38. Riordan e Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 207; Mark Burgess, "Early Semiconductor History of Texas Instruments", <sites.google.com/site/transistorhistory/Home/us-semiconductor-manufac turers/ti>.

39. Palestra de Gordon Teal, "Announcing the Transistor", conferência de planejamento estratégico da Texas Instrument, 17 mar. 1980.

40. Riordan e Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 211; manual do Regency TR1, <www.regencytr1.com/images/Owners%20Manual20-%TR-1.pdf>.

41. T. R. Reid, *The Chip* (Nova York: Simon and Schuster, 1984; localizações da edição Kindle, p. 2347).

42. Página de curiosidades do Regency, <www.regencytr1.com/TRivia_CORNER.html>.

43. História oral de Brattain, AIP.

44. John Bardeen a Mervin Kelly, 25 maio 1951; Ronald Kessler, "Absent at the Creation", *Washington Post Magazine*, 6 abr. 1997; Pines, "John Bardeen".

45. Gertner, *The Idea Factory*, p. 3059; Shurkin, *Broken Genius*, p. 2579.

46. Riordan e Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 231 e passim.

47. Arnold Thackray e Minor Myers, *Arnold O. Beckman: One Hundred Years of Excellence*, v. 1. Filadélfia: Chemical Heritage Foundation, 2000. p. 6.

48. Walter Isaacson, *Steve Jobs*. Nova York: Simon and Schuster, 2011. p. 9.

49. As fontes dos trechos sobre o Vale do Silício incluem Leslie Berlin, *The Man Behind the Microchip: Robert Noyce and the Invention of Silicon Valley* (Oxford: Oxford University Press, 2005; localizações da edição Kindle, p. 1332 e passim). Berlin é a historiadora do projeto dos Arquivos do Vale do Silício em Stanford e está escrevendo um livro sobre a ascensão do Vale do Silício. Ver também: Rebecca Lowen, *Creating the Cold War University: The Transformation of Stanford* (Berkeley: University of California Press, 1997); Michael Malone, *The Intel Trinity* (Nova York: HarperBusiness, 2014), *Infinite Loop* (Nova York: Doubleday, 1999), *The Big Score: The Billion Dollar Story of Silicon Valley* (Nova York: Doubleday, 1985), *The Valley of Heart's Delight: A Silicon Valley Notebook, 1963-2001* (Nova York: Wiley, 2002), *Bill and Dave* (Nova York: Portfolio, 2007); Christophe Lécuyer, *Making Silicon Valley* (Cambridge, MA: MIT Press, 2007); C. Stewart Gillmor, *Fred Terman at Stanford: Building a Discipline, a University, and Silicon Valley* (Stanford: Stanford University Press, 2004); Margaret Pugh O'Mara, *Cities of Knowledge: Cold War Science and the Search for the Next Silicon Valley* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005); Thomas Heinrich, "Cold War Armory: Military Contracting in Silicon Valley" (*Enterprise & Society*, 1 jun. 2002); Steve Blank, "The Secret History of Silicon Valley", <steveblank.com/secret-history/>.

50. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 1246; Reid, *The Chip*, p. 1239. Além dessas duas fontes e das citadas a seguir, a seção baseia-se em minhas entrevistas com Gordon Moore e Andy Grove; Shurkin, *Broken Genius*; Michael Malone, *The Intel Trinity*; Tom Wolfe, "The Tinkerings of Robert Noyce" (*Esquire*, dez. 1983); Bo Lojek, *History of Semiconductor Engineering* (Nova York: Springer, 2007); cadernos e itens do Computer History Museum; história oral de Robert Noyce, entrevista por Michael F. Wolff, IEEE History Center, 19 set. 1975; história oral de Gordon Moore, entrevista por Michael F. Wolff, IEEE History Center, 19 set. 1975; história oral de Gordon Moore, entrevista por Daniel Morrow, Computerworld Honors Program, 28 mar. 2000; história oral de Gordon Moore e Jay Last, entrevista por David Brock e Christophe Lécuyer, Chemical Heritage Foundation, 20 jan. 2006; história oral de Gordon Moore, entrevista por Craig Addison, SEMI, 25 jan. 2008; entrevista com Gordon Moore, por Jill Wolfson e Teo Cervantes, *San Jose Mercury News*, 26 jan. 1997; Gordon Moore, "Intel: Memories and the Microprocessor" (*Daedalus*, primavera 1966).

51. Shurkin, *Broken Genius*, p. 2980, de Fred Warshofsky, *The Chip War* (Nova York: Scribner's, 1989).

52. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 276.

53. Ibid., pp. 432, 434.

54. Wolfe, "The Tinkerings of Robert Noyce".

55. Entrevista de Robert Noyce, "Silicon Valley", PBS, p. 2013; Malone, *The Big Score*, p. 74.

56. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 552; Malone, *Intel Trinity*, p. 81.

57. Leslie Berlin escreveu que os transístores só chegaram em 1950, depois que Noyce se formara: "Buckley [o chefe de pesquisas do Bell] não tinha dispositivos sobrando, mas enviou a Gale cópias de várias monografias técnicas que os Laboratórios Bell haviam escrito sobre o transístor. Essas monografias formaram a base do contato inicial de Noyce com o dispositivo. Nenhum livro didático falava sobre transístores e (ainda que a mitologia prevalecente diga o contrário) os Laboratórios Bell só enviaram um transístor a Gale depois que Noyce se formou" (*The Man Behind the Microchip*, p. 650). Berlin cita como sua fonte para essa afirmação uma carta escrita em março de 1984 pelo professor Gale a um amigo; Berlin escreve em uma nota de rodapé: "Gale menciona uma 'fatura de remessa original anexa [para os transístores, enviada de Bardeen a Gale] com data de 6 de março de 1950' (agora perdida)". O relato de Berlin não condiz com as recordações de Noyce. A citação deste — "Grant Gale apoderou-se de um dos primeiros transístores de ponto de contato [...] quando eu estava no terceiro ano da graduação" — encontra-se na história oral de Noyce, IEEE History Center, set. 1975, citado acima. Tom Wolfe relata em seu perfil de Noyce na *Esquire*, baseado em suas visitas a Noyce: "No outono de 1948 Gale obtivera dois dos primeiros transístores já produzidos, e ele apresentou a primeira instrução acadêmica sobre eletrônica de estado sólido disponível no mundo, em benefício dos dezoito estudantes [entre eles Noyce] que se especializavam em física no Grinnell College" ("The Tinkerings of Robert Noyce"). Reid, *The Chip*, p. 1226, baseado em suas entrevistas de 1982 com Robert Noyce, escreve: "Gale fora colega de classe de John Bardeen na faculdade de engenharia da Universidade de Wisconsin, portanto pôde obter um dos primeiros transístores e demonstrá-lo aos seus alunos. Não era uma aula que um estudante esqueceria. 'Atingiu-me como uma bomba atômica', recordou Noyce quarenta anos depois". Bardeen e outros engenheiros dos Laboratórios Bell enviaram muitas amostras de transístor a instituições acadêmicas que as solicitaram a partir de julho de 1948.

58. Reid, *The Chip*, p. 166; Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 141.

59. Entrevista de Gordon Moore, "Silicon Valley", PBS, 2013.

60. Entrevista de Gordon Moore pelo autor.

61. Riordan e Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 239.

62. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 1469.

63. Entrevista de Jay Last, "Silicon Valley", PBS, 2013.

64. Malone, *Intel Trinity*, p. 107.

65. Entrevista de Jay Last, "Silicon Valley", PBS, 2013; Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 1649; Riordan e Hoddesan, *Crystal Fire*, p. 246.

66. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 1641.

67. Shurkin, *Broken Genius*, p. 3118.

68. Entrevista de Gordon Moore pelo autor.

69. História oral de Arnold Beckman, entrevista por Jeffrey L. Sturchio e Arnold Thackray, Chemical Heritage Foundation, 23 jul. 1985.

70. Entrevistas de Gordon Moore e Jay Last, "Silicon Valley", PBS, 2013.

71. Entrevistas de Regis McKenna e Michael Malone, "Silicon Valley", PBS, 2013.

72. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 1852; entrevista de Arthur Rock pelo autor.

73. Entrevista de Arthur Rock pelo autor.

74. Entrevista de Arthur Rock, "Silicon Valley", PBS, 2013; entrevista pelo autor e papéis que me foram dados por Arthur Rock.

75. "Multifarious Sherman Fairchild". *Fortune*, maio 1960; "Yankee Tinkerer". *Time*, 25 jul. 1960 (reportagem de capa sobre Sherman Fairchild).

5. O MICROCHIP

1. Além das fontes citadas a seguir, esta seção se baseia em Jack Kilby, "Turning Potentials into Realities", conferência do prêmio Nobel, 8 dez. 2000; Jack Kilby, "Invention of the Integrated Circuit" (*IEEE Transactions on Electron Devices*, jul. 1976); T. R. Reid, *The Chip* (Nova York: Simon and Schuster, 1985; localizações da edição Kindle).

2. Jack Kilby, ensaio biográfico, organização do prêmio Nobel, 2000.

3. Reid, *The Chip*, p. 954.

4. Ibid., p. 921.

5. Ibid., p. 1138.

6. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 2386. Os cadernos de Fairchild estão sendo preservados e podem ser vistos no Computer History Museum em Mountain View, Califórnia.

7. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 2515.

8. História oral de Robert Noyce, IEEE.

9. Reid, *The Chip*, p. 1336; história oral de Robert Noyce, IEEE.

10. Anotação no diário de Robert Noyce, 23 jan. 1959, Computer History Museum, Mountain View, Califórnia. Para uma imagem da página, ver <www.computerhistory.org/atchm/the-relics-of-st-bob/>.

11. J. S. Kilby, "Capacitor for Miniature Electronics Circuits or the Like", requerimento de patente US 3434015 A, 6 fev. 1959; Reid, *The Chip*, p. 1464.

12. R. N. Noyce, "Semiconductor Device-and-Lead Structure", requerimento de patente US 2981877 A, 30 jul. 1959; Reid, *The Chip*, p. 1440.

13. Reid, *The Chip*, p. 1611 e passim.

14. *Noyce v. Kilby*, U. S. Court of Customs and Patent Appeals, 6 nov. 1969.

15. Reid, *The Chip*, p. 1648.

16. História oral de Jack Kilby, entrevista por Arthur L. Norberg, Charles Babbage Institute, Universidade de Minnesota, 21 jun. 1984.

17. Craig Matsumoto, "The Quiet Jack Kilby", coluna de Valley Wonk (*Heavy Reading*, 23 jun. 2005).

18. Reid, *The Chip*, pp. 3755, 3775; Jack Kilby, conferência do prêmio Nobel, 8 dez. 2000.

19. Paul Ceruzzi, *A History of Modern Computing*. Cambridge, MA: MIT Press, 1998. p. 187.

20. Ibid., cap. 6.

21. Reid, *The Chip*, pp. 2363, 2443.

22. Robert Noyce, "Microelectronics". *Scientific American*, set. 1977.

23. Gordon Moore, "Cramming More Components onto Integrated Circuits". *Electronics*, abr. 1965.

24. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 3177.

25. Entrevista de Gordon Moore, "American Experience: Silicon Valley", PBS, 2013.

26. Entrevista de Gordon Moore pelo autor.

27. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 3529.

28. Entrevista de Arthur Rock pelo autor.

29. John Wilson, *The New Venturers*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1985. cap. 5

30. Entrevista de Arthur Rock pelo autor; David Kaplan, *The Silicon Boys*. Nova York: William Morrow, 1999. p. 165 e passim.

31. Entrevista de Arthur Rock pelo autor.

32. Ibid.

33. Malone, *Intel Trinity*, pp. 4, 8.

34. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 4393.

35. Andrew Grove, *Swimming Across*. Nova York: Grand Central, 2001. p. 2. Esta seção se baseia também em entrevistas e conversas do autor com Grove ao longo dos anos e em Joshua Ramo, "Man of the Year: A Survivor's Tale" (*Time*, 29 dez. 1997); Richard Tedlow, *Andy Grove* (Nova York: Portfolio, 2006).

36. Tedlow, *Andy Grove*, p. 92.

37. Ibid., p. 96.

38. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 129.

39. Entrevista de Andy Grove, "American Experience: Silicon Valley", PBS, 2013.

40. Tedlow, *Andy Grove*, p. 74; história oral de Andy Grove, entrevista por Arnold Thackray e David C. Brock, 14 jul. e 1 set. 2004, Chemical Heritage Foundation.

41. Entrevista de Arthur Rock pelo autor.

42. Entrevista de Michael Malone, "American Experience: Silicon Valley", PBS, 2013.

43. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 4400.

44. Entrevista de Ann Bowers, "American Experience: Silicon Valley", PBS, 2013.

45. Entrevista de Ted Hoff, "American Experience: Silicon Valley", PBS, 2013.

46. Wolfe, "The Tinkerings of Robert Noyce".

47. Malone, *Intel Trinity*, p. 115.

48. Entrevista de Gordon Moore pelo autor.

49. Malone, *Intel Trinity*, p. 130.

50. Entrevista de Ann Bowers, "American Experience"; entrevista de Ann Bowers pelo autor.

51. Reid, *The Chip*, p. 140; Malone, *Holy Trinity*, p. 148.

52. Entrevista de Ted Hoff, "American Experience: Silicon Valley", PBS, 2013.

53. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 4329.

54. Ibid., p. 4720.

55. Don Hoefler, "Silicon Valley USA". *Electronic News*, 11 jan. 1971.

6. VIDEOGAMES

1. Steven Levy, *Hackers*. Garden City, NY: Anchor/Doubleday, 1984; as localizações são da reedição de 25 anos, O'Reilly, 2010, p. 28. Nesse livro clássico e influente, que começa com uma descrição minuciosa do Tech Model Railroad Club, do MIT, Levy explica a "ética hacker", que inclui: "O acesso a computadores — e a qualquer outra coisa que possa nos instruir sobre o modo como o mundo funciona — deve ser ilimitado e total. Sempre obedeça ao imperativo Mão na Massa!". Além do livro de Levy e de fontes específicas citadas a seguir, as fontes deste capítulo incluem entrevistas com Steve Russell e Stewart Brand; história oral de Steve Russell, entrevista por Al Kossow, 9 ago. 2008, Computer History Museum; J. Martin Graetz, "The Origin of Spacewar" (*Creative Computing*, ago. 1981); Stewart Brand, "Spacewar" (*Rolling Stone*, 7 dez. 1972).

2. Levy, *Hackers*, p. 7.

3. "Definition of Hackers", website do Tech Model Railroad Club, <tmrc.mit.edu/hackers-ref.html>.

4. Brand, "Spacewar".

5. Graetz, "The Origin of Spacewar".

6. História oral de Steve Russell, Computer History Museum; Graetz, "The Origin of Spacewar".

7. Entrevista de Steve Russell pelo autor.

8. Graetz, "The Origin of Spacewar".

9. Brand, "Spacewar".

10. Entrevista do autor com Steve Russell.

11. As fontes desta seção incluem entrevistas do autor com Nolan Bushnell, Al Alcorn, Steve Jobs (para livro anterior) e Steve Wozniak; Tristan Donovan, *Replay: The Story of Video Games* (East Sussex: Yellow Ant, 2010; localizações da edição Kindle); Steven Kent, *The Ultimate History of Video Games: From Pong to Pokemon* (Nova York: Three Rivers, 2001); Scott Cohen, *Zap! The Rise and Fall of Atari* (Nova York: McGraw-Hill, 1984); Henry Lowood, "Videogames in Computer Space: The Complex History of Pong" (*IEEE Annals*, jul. 2009); John Markoff, *What the Dormouse Said* (Nova York: Viking, 2005; localizações da edição Kindle); entrevista de Al Alcorn, *Retro Gaming Roundup*, maio 2011; entrevista de Al Alcorn por Cam Shea, *IGN*, 10 mar. 2008.

12. Kent, *The Ultimate History of Video Games*, p. 12.

13. Entrevista de Nolan Bushnell pelo autor.

14. Palestra de Nolan Bushnell a jovens empreendedores, Los Angeles, 17 maio 2013 (notas do autor).

15. Donovan, *Replay*, p. 429.

16. Ibid., p. 439.

17. Eddie Adlum, citado em Kent, *The Ultimate History of Video Games*, p. 42.

18. Kent, *The Ultimate History of Video Games*, p. 45.

19. Entrevista de Nolan Bushnell pelo autor.

20. Entrevista de Nolan Bushnell pelo autor.

21. Entrevista de Al Alcorn pelo autor.

22. Donovan, *Replay*, p. 520.

23. Entrevistas de Nolan Bushnell e Al Alcorn pelo autor. Essa história é contada de modos bem parecidos em outras fontes, muitas vezes com alguns floreios.

24. Entrevista de Nolan Bushnell pelo autor.

25. Palestra de Nolan Bushnell a jovens empreendedores, Los Angeles, 17 maio 2013.

26. Entrevista de Nolan Bushnell pelo autor.

27. Donovan, *Replay*, p. 664.

28. Entrevista de Nolan Bushnell pelo autor.

7. A INTERNET

1. As fontes sobre Vannevar Bush incluem Vannevar Bush, *Pieces of the Action*

(Nova York: William Morrow, 1970); Pascal Zachary, *Endless Frontier: Vannevar Bush, Engineer of the American Century* (Cambridge, MA: MIT Press, 1999); "Yankee Scientist", matéria de capa da *Time*, 3 abr. 1944; Jerome Weisner, "Vannevar Bush: A Biographical Memoir", National Academy of Sciences, 1979; James Nyce e Paul Kahn (Orgs.), *From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and the Mind's Machine* (Boston: Academy Press, 1992); Jennet Conant, *Tuxedo Park* (Nova York: Simon and Schuster, 2002); história oral de Vannevar Bush, American Institute of Physics, 1964.

2. Weisner, "Vannevar Bush".

3. Zachary, *Endless Frontier*, p. 23.

4. *Time*, 3 abr. 1944.

5. Ibid.

6. Bush, *Pieces of the Action*, p. 41.

7. Weisner, "Vannevar Bush".

8. Vannevar Bush, *Science, the Endless Frontier*. National Science Foundation, jul. 1945, p. vii.

9. Bush, *Science*, p. 10.

10. Bush, *Pieces of the Action*, p. 65.

11. Joseph V. Kennedy, "The Sources and Uses of U. S. Science Funding". *The New Atlantis*, verão 2012.

12. Mitchell Waldrop, *The Dream Machine: J. C. R. Licklider and the Revolution That Made Computing Personal*. Nova York: Penguin, 2001. p. 470. Outras fontes para esta seção incluem entrevista de Tracy Licklider (filho) pelo autor; Katie Hafner e Matthew Lyon, *Where Wizards Stay Up Late: The Origins of the Internet* (Nova York: Simon and Schuster, 1998); história oral de J. C. R. Licklider, entrevista por William Aspray e Arthur Norberg, 28 out. 1988, Charles Babbage Institute, Universidade de Minnesota; entrevista de J. C. R. Licklider por James Pelkey, "A History of Computer Communications", 28 jun. 1988 (o material de Pelkey só está disponível on-line, <www.historyofcomputercommunications.info/index/html>); Robert M. Fano, *Joseph Carl Robnett Licklider 1915-1990, a Biographical Memoir* (Washington, D. C.: National Academy Press, 1998).

13. História oral de Licklider, Charles Babbage Institute.

14. Norbert Wiener, "A Scientist's Dilemma in a Materialistic World" (1957). In: *Collected Works*. Cambridge, MA: MIT Press, 1984. v. 4, p. 709.

15. Entrevista de Tracy Licklider pelo autor.

16. Ibid.

17. Waldrop. *The Dream Machine*, p. 237.

18. Bob Taylor, "In Memoriam: J. C. R. Licklider", 7 ago. 1990, publicação Digital Equipment Corporation.

19. Entrevista de J. C. R. Licklider por John A. N. Lee e Robert Rosin, "The Project MAC Interviews" (*IEEE Annals of the History of Computing*, abr. 1992).

20. Entrevista de Bob Taylor pelo autor.

21. História oral de Licklider, Charles Babbage Institute.

22. J. C. R. Licklider, "Man-Computer Symbiosis". *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, mar. 1960. Disponível em: <groups.csail.mit.edu/medg/people/psz/Licklider.html>.

23. David Walden e Raymond Nickerson (Orgs.), *A Culture of Innovation: Insider Accounts of Computer and Life at BBN* (impressão privada na livraria de Harvard, 2011), <walden-family.com/bbn/>.

24. História oral de Licklider, Charles Babbage Institute.

25. J. C. R. Licklider, *Libraries of the Future*. Cambridge, MA: MIT Press, 1965. p. 53.

26. Ibid., p. 4.

27. Sherman Adams, *Firsthand Report*. Nova York: Harper, 1961. p. 415; Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 17.

28. Entrevista de James Killian, "War and Peace", WGBH, 18 abr. 1986; James Killian, *Sputnik, Scientists, and Eisenhower*. Cambridge, MA: MIT Press, 1982. p. 20.

29. Fred Turner, *From Counterculture to Cyberculture*. Chicago: University of Chicago Press, 2006. p. 108

30. História oral de Licklider, Charles Babbage Institute.

31. Entrevista de Licklider por James Pelkey; ver também James Pelkey, "Entrepreneurial Capitalism and Innovation", <www.historyofcomputercommunications.info/Book/2/2.1-IntergalacticNetwork_1962_1964.html#_ftn1>.

32. J. C. R. Licklider, "Memorandum for Members and Affiliates of the Intergalactic Computer Network", Arpa, 23 abr. 1963. Ver também J. C. R. Licklider e Welden Clark, "Online Man-Computer Communications" (*Proceedings of AIEE-IRE*, primavera 1962).

33. Entrevista de Bob Taylor pelo autor.

34. Entrevista de Larry Roberts pelo autor.

35. História oral de Bob Taylor, Computer History Museum, 2008; entrevista de Bob Taylor pelo autor.

36. Michael Hiltzik, *Dealers of Lightning* (Nova York: Harper, 1999; localizações da edição Kindle, pp. 536, 530).

37. Entrevista de Bob Taylor pelo autor.

38. Ibid.

39. História oral de Robert Taylor, Computer History Museum; entrevista de Bob Taylor pelo autor; Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 77.

40. Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 591, contém as descrições mais completas dessa reunião. Ver também Hiltzik, *Dealers of Lightning*, p. 120; história oral de Kleinrock, "How the Web Was Won", *Vanity Fair*, jul. 2008.

41. Entrevista de Andre Veà por Charles Herzfeld, "The Unknown History of the Internet", 2010, <www.computer.org/comphistory/pubs/2010-11-vea.pdf>.

42. Entrevista de Bob Taylor pelo autor.

43. Entrevista de Larry Roberts pelo autor.

44. Ibid.

45. Assim como na história sobre Herzfeld ter financiado a Arpanet depois de uma reunião de vinte minutos, essa história sobre Taylor recrutando Roberts para ir para Washington é contada com frequência. Essa versão provém de entrevistas do autor com Taylor e Roberts; Hafner e Lyons, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 667; Stephen Segaller, *Nerds 2.0.1* (Nova York: TV Books, 1998, p. 47); história oral de Bob Taylor, Computer History Museum; Larry Roberts, "The Arpanet and Computer Networks" (*Proceedings of the ACM Conference on the History of Personal Workstations*, 9 jan. 1986).

46. Entrevista de Bob Taylor pelo autor.

47. Ibid.

48. Entrevista de Larry Roberts pelo autor.

49. História oral de Larry Roberts, Charles Babbage Institute.

50. Entrevista de Bob Taylor pelo autor.

51. Jane Abbate, *Inventing the Internet*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999. p. 1012; história oral de Larry Roberts, Charles Babbage Institute.

52. História oral de Wes Clark, entrevista por Judy O'Neill, 3 maio 1990, Charles Babbage Institute.

53. Há diversas versões dessa história, inclusive algumas que dizem ter sido uma viagem de táxi. Bob Taylor garante que foi em um carro que ele alugou. Entrevistas de Bob Taylor e Larry Roberts pelo autor; história oral de Robert Taylor, entrevista por Paul McJones, out. 2008, Computer History Museum; Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 1054; Segaller, *Nerds*, p. 62.

54. Entrevista de Vint Cerf pelo autor.

55. Paul Baran, "On Distributed Computer Networks". *IEEE Transactions on Communications Systems*, mar. 1964. Esta seção sobre Baran se baseia em John Naughton, *A Brief History of the Future* (Woodstock, NY: Overlook, 2000), cap. 6; Abbate, *Inventing the Internet*, 314 e passim; Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, pp. 723, 1119.

56. Entrevista de Paul Baran, em James Pelkey, "Entrepreneurial Capitalism and Innovation", <www.historyofcomputercommunications.info/Book/2/2.4-Paul%Baran-59-65.html#_ftn9>.

57. História oral de Paul Baran, "How the Web Was Won", *Vanity Fair*, jul. 2008; entrevista de Paul Baran por Stewart Brand, *Wired*, mar. 2001; história oral de Paul Baran, entrevista por David Hochfelder, 24 out. 1999, IEEE History Center.

58. Donald Davies, "An Historical Study of the Beginnings of Packet Switching". *Computer Journal*, v. 44, n. 3, pp. 152-62, 2001; Abbate, *Inventing the Internet*, p. 558; entrevista de Larry Roberts pelo autor; Trevor Harris, "Who is the Father of the Internet? The Case for Donald Davies", <www.academia.edu>.

59. Entrevista de Leonard Kleinrock pelo autor; história oral de Leonard Kleinrock, entrevista por John Vardalas, IEEE History Center, 21 fev. 2004.

60. Entrevista de Leonard Kleinrock pelo autor.

61. História oral de Kleinroch, IEEE.

62. Segaller, *Nerds*, p. 34.

63. Entrevistas de Kleinrock e Roberts pelo autor; ver também Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 1009; Segaller, *Nerds*, p. 53.

64. Leonard Kleinrock, "Information Flow in Large Communications Nets", projeto de tese de doutorado, MIT, 31 maio 1961. Ver também Leonard Kleinrock, *Communications Nets: Stochastic Message Flow and Design* (Nova York: McGraw-Hill, 1964).

65. Website pessoal de Leonard Kleinrock, <www.lk.cs.ucla.edu/index/html>.

66. Leonard Kleinrock, "Memoirs of the Sixties". In: Peter Salus, *The Arpanet Sourcebook*. Charlottesville: Peer-to-Peer, 2008. p. 96.

67. Entrevista de Leonard Kleinrock, *Computing Now*, IEEE Computing Society, 1996. Kleinrock é citado em Peter Salus, *Casting the Net* (Reading, MA: Addison-Wesley, 1995, p. 52): "Fui o primeiro a discutir os ganhos de desempenho com a comutação de pacotes".

68. Entrevista de Taylor pelo autor.

69. Entrevista de Kleinrock pelo autor.

70. Donald Davies, "A Historical Study of the Beginnings of Packet Switching".

71. Alex McKenzie, "Comments on Dr. Leonard Kleinrock's Claim to Be 'the Father of Modern Data Networking'", 16 ago. 2009, <alexmckenzie.weebly.com/comments-on-kleinrocks-claim.html>.

72. Katie Hafner, "A Paternity Dispute Divides Net Pioneers". *New York Times*, 8 nov. 2001.

73. Leonard Kleinrock, "Principles and Lessons in Packet Communications". *Proceedings of the IEEE*, nov. 1978.

74. História oral de Kleinrock, Charles Babbage Institute, 3 abr. 1990.

75. Leonard Kleinrock, "On Resource Sharing in a Distributed Communication Environment". *IEEE Communications Magazine*, maio 2002. Um legalista defendeu as pretensões de Kleinrock: seu velho amigo, companheiro de cassino e colega Larry Roberts. "Lendo o livro de Len, de 1964, fica claro que ele está fracionando arquivos em unidades de mensagem", disse-me Roberts em 2014. No entanto, como Kleinrock, Roberts anteriormente reconhecera Baran como o autor da comutação de pacotes. Roberts escreveu em 1978: "A primeira descrição publicada do que ele agora chama de comutação de pacote foi uma análise em onze volumes, *On Distributed Communications*, preparada por Paul Baran, da RAND Corporation, em agosto de 1964". Ver Lawrence Roberts, "The Evolution of Packet Swithing" (*Proceedings of the IEEE*, nov. 1978).

76. História oral de Paul Baran, “How the Web Was Won”, *Vanity Fair*, jul. 2008.

77. Entrevista de Paul Baran por Stewart Brand, *Wired*, mar. 2001.

78. Paul Baran, “Introduction to Distributed Communications Networks”, RAND, 1964, <www.rand.org/pubs/research_memoranda/RM3420/RM3420-chapter1.html>.

79. Segaller, *Nerds*, p. 70.

80. Entrevista de Bob Taylor pelo autor. Eu era editor da *Time* e me lembro da disputa.

81. Mitchell Waldrop, *The Dream Machine*, p. 279.

82. Stephen Lukasik, “Why the Arpanet Was Built”. *IEEE Annals of the History of Computing*, mar. 2011; história oral de Stephen Lukasik, entrevista por Judy O’Neill, Charles Babbage Institute, 17 out. 1991.

83. Charles Herzfeld, “On Arpanet and Computers”, [s.d.], <inventors.about.com/library/inventors/bl_Charles_Herzfeld.htm>.

84. “A Brief History of the Internet”, Internet Society, 15 out. 2012, <www.Internetsociety.org/Internet/what-Internet/history-Internet/brief-history-Internet>.

85. “NSFNET: A Partnership for High-Speed Newtworking: Final Report”, 1995, <www.merit.edu/documents/pdf/nsfnet/nsfnet_report.pdf>.

86. Entrevista de Steve Crocker pelo autor.

87. Entrevista de Leonard Kleinrock pelo autor.

88. Entrevista de Robert Taylor pelo autor.

89. Entrevista de Vint Cerf pelo autor; Radia Joy Perlman, *Network Layer Protocols with Bizantine Robustness*, tese de doutorado, MIT, 1988, <dspace.mit.edu/handle/1721.1/14403>.

90. Abbate, *Inventing the Internet*, p. 180.

91. Entrevista de Taylor pelo autor.

92. Entrevista de Larry Roberts por James Pelkey, <www.historyofcomputercommunications.info/Book/2/2.9-BoltBeranekNewman-WinningBid-68%20.html_fn26>.

93. Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p.1506 e passim.

94. Pelkey, “An History of Computer Communications”, <www.historyofcomputercommunications.info/index.html>, 2.9; Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 1528.

95. A história dos RFC de Steve Crocker é contada com muitas variações. Esse relato provém de minhas entrevistas com Steve Crocker, Vint Cerf, Leonard Kleinrock; Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 2192 e passim; Abbate, *Inventing the Internet*, p. 1330 e passim; história oral de Stephen Crocker, entrevista por Judy E. O’Neill, 24 out. 1991, Charles Babbage Institute, Universidade de Minnesota; Stephen Crocker, “How the Internet Got Its Rules” (*New York Times*, 6

abr. 2009); Cade Metz, "Meet the Man Who Invented the Instructions for the Internet" (*Wired*, 18 maio 2012); Steve Crocker, "The Origins of RFCs", em "The Request for Comments Guide", RFC 1000, ago. 1987, <www.rfc-editor.org/rfc/rfc1000.txt>; Steve Crocker, "The First Pebble: Publication of RFC1", RFC 2555, 7 abr. 1999.

96. Entrevista de Steve Crocker pelo autor.

97. Crocker, "How the Internet Got Its Rules".

98. Stephen Crocker, "Host Software", RFC 1, 7 abr. 1969, <tools.ietf.org/html/rfc 1>.

99. Crocker, "How the Internet Got Its Rules".

100. Vint Cerf, "The Great Conversation", RFC 2555, 7 abr. 1999, <www.rfc-editor.org/rfc/rfc2555.txt>.

101. "The IMP Log: October 1969 to April 1970", Kleinrock Center for Internet Studies, UCLA, <Internethistory.ucla.edu/the-imp-log-october-1969-to-april-1970/>; Segaller, *Nerds*, p. 92; Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 2336.

102. História oral de Vint Cerf, entrevista por Daniel Morrow, 21 nov. 2001, Computerworld Honors Program; Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 2070 e passim; Abbate, *Inventing the Internet*, p. 127 e passim.

103. História oral de Cerf, Computerworld.

104. História oral de Robert Khan, entrevista por Michael Geselowitz, IEEE History Center, 17 fev. 2004.

105. História oral de Vint Cerf, entrevista por Judy O'Neill, 24 abr. 1990, Charles Babbage Institute; Vint Cerf, "How the Internet Came to Be", nov. 1993, <www.netvalley.com/archives/mirrors/cerf-how-inet.html>.

106. História oral de Robert Kahn, entrevista por David Allison, 20 abr. 1995, Computerworld Honors Program.

107. "A Collection of Poems", Network Working Group, pedido de comentário 1121, set. 1989.

108. Entrevista de Vint Cerf pelo autor.

109. Hafner e Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, p. 110.

110. David D. Clark, "A Cloudy Crystal Ball", MIT Laboratory for Computer Science, jul. 1992, <groups.csail.mit.edu/ana/People/DDC/future_ietf_92.pdf>.

111. J. C. R. Licklider e Robert Taylor, "The Computer as a Communication Device". *Science and Technology*, abr. 1968.

8. O COMPUTADOR PESSOAL

1. Vannevar Bush, "As We May Think". *Atlantic*, jul. 1945.

2. Dave Ahl, que estava na reunião, disse: "Coube a Ken Olsen tomar a decisão. Nunca me esquecerei das suas palavras proféticas: 'Não vejo por que alguém iria querer um computador próprio'". John Anderson, "Dave Tells Ahl". *Creative*

Computing, nov. 1984. Para a defensa de Olsen, ver <www.snopes.com/quotes/kenolsen.asp>, mas esse texto não inclui a afirmação de Ahl de que ele fizera a declaração quando discutiu com sua equipe se deveriam ou não criar uma versão pessoal do PDP-8.

3. Em 1995, Stewart Brand escreveu um ensaio para a *Time*, encomendado por mim, intitulado "We Owe It All to the Hippies" [Devemos tudo isso aos hippies]. O artigo salientava o papel da contracultura no nascimento do computador pessoal. Este capítulo também se baseia em cinco livros bem fundamentados e perspicazes sobre como a contracultura ajudou a moldar a revolução do computador pessoal: Steven Levy, *Hackers* (Garden City, NY: Anchor/Doubleday, 1984; localizações da reedição de 25º aniversário, O'Reilly, 2010); Paul Freiberger e Michael Swaine, *Fire in the Valley* (Berkeley: Osborne, 1984); John Markoff, *What the Dormouse Said* (Nova York: Viking, 2005; localizações da edição Kindle); Fred Turner, *From Counterculture to Cyberculture* (Chicago: University of Chicago Press, 2006); Theodore Roszak, *From Satori to Silicon Valley* (San Francisco: Don't Call It Frisco Press, 1986).

4. Post de Liza Loop em meu esboço colaborativo no Medium e e-mail para mim, 2013.

5. Post de Lee Felsenstein em meu esboço colaborativo no Medium, 2013. Ver também "More Than Just Digital Quilting" (*Economist*, 3 dez. 2011); Victoria Sherrow, *Huskings, Quiltings, and Barn Raising: Work-Play Parties in Early America* (Nova York: Walker, 1992).

6. Cartazes e programas para os testes do ácido, em Phil Lesh, "The Acid Test Chronicles", <postertrip.com.public/5586.cfm>; Tom Wolfe, *The Electric Kool-Aid Acid Test* (Nova York: Farrar, Straus and Giroux, 1987, p. 251 e passim).

7. Turner, *From Counterculture to Cyberculture*, p. 29, de Lewis Mumford, *Myth of the Machine* (Nova York: Harcourt Brace, 1967, p. 3).

8. Markoff, *What the Dormouse Said*, p. 165.

9. Charles Reich, *The Greening of America*. Nova York: Random House, 1970. p. 5.

10. Entrevista de Ken Goffman (pseudônimo R. U. Sirius) pelo autor; Mark Dery, *Escape Velocity: Cyberculture at the End of the Century* (Nova York: Grove, 1966, p. 22); Timothy Leary, *Cyberpunks Cyberfreedom* (Oakland, CA: Ronin, 2008, p. 170).

11. Primeira publicação com distribuição limitada pela Communication Company, San Francisco, 1967.

12. A história de Brand foi publicada em uma edição especial da *Time*, de março de 1995, cujo tema era o "Ciberespaço", dando seguimento a um artigo de capa de Phil Elmer-Dewitt para a *Time* de 8 de fevereiro de 1993, intitulado "Cyberpunks", que também analisava as influências da contracultura sobre serviços computadorizados on-line como The WELL e internet.

13. Esta seção se baseia em entrevistas de Stewart Brand pelo autor; Stewart Brand, "'Whole Earth' Origin", 1976,

<sb.longnow.org/SB_homepage/WholeEarth_button.html>; Turner, *From Counterculture to Cyberculture*; Markoff, *What the Dormouse Said*. O livro de Turner concentra-se em Brand.

14. Entrevista de Stewart Brand pelo autor; comentários de Stewart Brand sobre esboço inicial deste capítulo publicado no Medium.com.

15. Stewart Brand, "Spacewar: Fanatic Life and Symbolic Death among the Computer Bums". *Rolling Stone*, 7 dez. 1972.

16. Comentários de Stewart Brand em meu esboço colaborativo no Medium; entrevistas e e-mails de Stewart Brand ao autor, 2013; cartazes e programas para o Trips Festival, <www.postertrip.com/public/5577.cfm> e <www.lysergia.com/MerryPranksters/MerryPranksters_post.htm>; Wolfe, *Electric Kool-Aid Test*, p. 259.

17. Turner, *From Counterculture to Cyberculture*, p. 67.

18. Entrevista de Stewart Brand pelo autor, "'Whole Earth' Origin".

19. Brand, "'Whole Earth' Origin"; entrevista de Stewart Brand pelo autor.

20. *Whole Earth Catalog*, outono 1968, <www.wholeearth.com/>.

21. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor.

22. O melhor relato sobre Engelbart está em Terry Bardini, *Bootstrapping: Douglas Engelbart, Coevolution, and the Origins of Personal Computing* (Stanford: Stanford University Press, 2000). Esta seção também se baseia em história oral de Douglas Engelbart (quatro sessões), entrevista por Judy Adams e Henry Lowood, Stanford, <www-sul.stanford/edu/depts/hasrg/histsci/ssvoral/engelbart/start1.html>; história oral de Douglas Engelbart, entrevista por Jon Eklund, Smithsonian Institution, 4 maio 1994; Christina Engelbart, "A Lifetime Pursuit", esboço biográfico escrito em 1986 por sua filha, <www.dougengelbart.org/history/engelbart.htm#10a>; "Tribute do Doug Engelbart", uma série de reminiscências por colegas e amigos, <tribute2doug.wordpress.com/>; entrevistas de Douglas Engelbart, em Valerie Landau e Eileen Clegg, *The Engelbart Hypothesis: Dialogs with Douglas Engelbart* (Berkeley: Next Press, 2009) e <engelbartbookdialogues.wordpress.com/>; The Doug Engelbart Archives (inclui muitos vídeos e entrevistas), <douengelbart.org/library/engelbart-archives.html>; Susan Barnes, "Douglas Carl Engelbart: Developing the Underlying Concepts for Contemporary Computing" (*IEEE Annals of the History of Computing*, jul. 1997); Markoff, *What the Dormouse Said*, p. 417; Turner, *From Counterculture to Cyberculture*, p. 110; Bardini, *Bootstrapping*, p. 138.

23. História oral de Douglas Engelbart, Stanford, entrevista 1, 19 dez. 1986.

24. O excerto da *Life*, 10 set. 1945, foi profusamente ilustrado com desenhos do memex proposto. (Essa edição também mostrava fotografias aéreas de Hiroshima depois da explosão da bomba atômica.)

25. História oral de Douglas Engelbart, Smithsonian Institution, 1994.

26. História oral de Douglas Engelbart, Stanford, entrevista 1, 19 dez. 1986.

27. Landau e Clegg, *The Engelbart Hypothesis*.

28. História oral de Douglas Engelbart, Stanford, entrevista 1, 19 dez. 1986.

29. Citação de Nilo Lindgren, "Toward the Descentralized Intellectual Workshop", *Innovation*, set. 1971, citado em Howard Rheingold, *Tools for Thought* (Cambridge, MA: MIT Press, 2000, p. 178). Ver também Steven Levy, *Insanely Great* (Nova York: Viking, 1994, p. 36).

30. História oral de Douglas Engelbart, Stanford, entrevista 3, 4 mar. 1987.

31. Douglas Engelbart, "Augmenting Human Intellect", preparado para o diretor de ciências da informação, Air Force Office of Scientific Research, out. 1962.

32. Douglas Engelbart a Vannevar Bush, 24 maio 1962, MIT/Brown Vannevar Bush Symposium, archives, <www.dougengelbart.org/events/vannevar-bush-symposium.html>.

33. História oral de Douglas Engelbart, Stanford, entrevista 2, 14 jan. 1987.

34. Entrevista do autor com Bob Taylor.

35. História oral de Douglas Engelbart, Stanford, entrevista 3, 4 mar. 1987.

36. Landau e Clegg, "Engelbart on the Mouse and Keyset", em *The Engelbart Hypothesis*; William English, Douglas Engelbart e Melvyn Berman, "Display Selection Techniques for Text Manipulation" (*IEEE Transactions on Human-Factors in Electronics*, mar. 1967).

37. História oral de Douglas Engelbart, Stanford, entrevista 3, 4 mar. 1987.

38. Landau e Clegg, "Mother of all Demos", em *The Engelbart Hypothesis*.

39. O vídeo da Mãe de Todas as Demonstrações pode ser visto em <sloan.stanford.edu/MouseSite1968Demo.html#complete>. Esta seção se baseia também em Landau e Clegg, "Mother of all Demos", em *The Engenbart Hypothesis*.

40. Rheingold, *Tools for Thought*, p. 190.

41. Entrevista de Stewart Brand com o autor; vídeo da Mãe de Todas as Demonstrações.

42. Markoff, *What the Dormouse Said*, p. 2734. John Markoff encontrou os relatórios da demonstração de Les Earnest nos arquivos de microfilmes de Stanford. O livro de Markoff traz uma boa análise da distinção entre intelecto aumentado e inteligência artificial.

43. Markoff, *What the Dormouse Said*, p. 2838.

44. Entrevista de Alan Kay pelo autor. Kay leu partes de seu livro e fez comentários e correções. Esta seção também se baseia em Alan Kay, "The Early History of Smalltalk" (*ACM SIGPLAN Notices*, mar. 1993); Michael Hiltzik, *Dealers of Lightning*, cap. 6.

45. Entrevista de Alan Kay pelo autor; Landau e Clegg, "Reflections by Fellow Pioneers", em *The Engelbart Hypothesis*; palestra de Alan Kay, painel do 35º aniversário da Mãe de Todas as Demonstrações, <archive.org/details/XD1902_1EngelbartsUnfinishedRev30AnnSes2>. Ver também Paul Spinrad, "The Prophet of Menlo Park",

<coe.berkeley.edu/newscenter/publications/forefront/archive/copy_of_forefront-fall-2008/features/the-prophet-of-menlo-park-douglas-engelbart-carries-on-his-vision>. Em e-mails para mim, Kay esclareceu parte do que dissera em palestras e entrevistas anteriores, e modifiquei algumas de suas citações com base em suas sugestões.

46. Cathy Lazere, "Alan C. Kay: A Clear Romantic Vision", 1994, <www.cs.nyu.edu/courses/fall04/G22.2110-001/kaymini.pdf>.

47. Entrevista de Alan Kay pelo autor. Ver também Alan Kay, "The Center of Why", conferência do prêmio Kyoto, 11 nov. 2004.

48. Entrevista de Alan Kay pelo autor; Ivan Sutherland, *Sketchpad*, tese de doutorado, MIT, 1963; Howard Rheinghold, "Inventing the Future with Alan Kay", The WELL, <www.well.com/user/hlr/texts/Alan%20Kay>.

49. Hiltzik, *Dealers of Lightning*, p. 1895; troca de e-mails entre o autor e Alan Kay.

50. Palestra de Alan Kay, painel do 35º aniversário da Mãe de Todas as Demonstrações; Kay, "The Early History of Smalltalk".

51. Kay, "The Early Story of Smalltalk".

52. Ibid. (inclui todas as citações de parágrafos precedentes).

53. John McCarthy, "The Home Information Terminal — A 1970 View", 1 jun. 2000, <www-formal-stanford.edu/jmc/hoter2.pdf>.

54. Markoff, *What the Dormouse Said*, p. 455.

55. Ibid., p. 2381.

56. Além das citações a seguir e de Hiltzik, *Dealers of Lightning,* e Kay, "The Early History of Small Talk", citados acima, esta seção se baseia em Douglas Smith e Robert Alexander, *Fumbling the Future: How Xerox Invented, Then Ignored, the First Personal Computer* (Nova York: William Morrow, 1988) e entrevistas do autor com Alan Kay, Bob Taylor e John Seeley Brown.

57. Charles P. Thacker, "Personal Distributed Computing: The Alto and Ethernet Hardware", ACM Conference on History of Personal Workstations, 1986. Ver também Butler W. Lampson, "Personal Distributed Computing: The Alto and Ethernet Software, ACM Conference on History of Personal Workstations, 1986. Ambos os textos, com o mesmo título, podem ser acessados em <research.microsoft.com/en-us/um/people/blampson/38-AltoSoftware/Abstract.html>.

58. Linda Hill, Greg Brandeau, Emily Truelove e Kent Linebeck, *Collective Genius: The Art and Practice of Leading Innovation*. Boston: Harvard Business Review Press, 2014; Hiltzik, *Dealers of Lightning*, p. 2764; entrevista de Bob Taylor pelo autor.

59. Entrevista de Bob Taylor pelo autor.

60. Hiltzik, *Dealers of Lightning*, p. 1973.

61. Stewart Brand, "Spacewar". *Rolling Stone*, 7 dez. 1972.

62. Alan Kay, “Microelectronics and the Personal Computer”. *Scientific American*, set. 1977.

63. Alan Kay, “A Personal Computer for Children of All Ages”. In: *Proceedings of the ACM Annual Conference*, 1972. O texto datilografado encontra-se em <www.mprove.de/diplom/gui/Kay72a.pdf>.

64. Kay, “The Early History of Smalltalk”; entrevista de Alan Kay pelo autor.

65. Hiltzik, *Dealers of Lightning*, p. 3069.

66. Kay, “The Early History of Smalltalk”; Hiltzk, *Dealers of Lightning*, p. 3012.

67. Ibid.; entrevista de Alan Kay pelo autor.

68. Ibid. (ver seção IV, “The First Real Smalltalk”); entrevistas de Alan Kay e Bob Taylor pelo autor; Hiltzik, *Dealers of Lightning*, p. 3128; Markoff, *What the Dormouse Said*, p. 3940; Butler Lampson, “Why Alto?”, memorando interno Xerox, 19 dez. 1972; <www.digibarn.com/friends/butler-lampson/>.

69. Entrevista de Bob Taylor pelo autor; Thacker, “Personal Distributed Computing”.

70. História oral de Engelbart, Stanford, entrevista 4, 1 abr. 1987.

71. Entrevista de Bob Taylor pelo autor.

72. Entrevista de Alan Kay por Kate Kane, *Perspectives on Business Innovation*, maio 2012.

73. Discussão de Bob Taylor, Universidade do Texas, 17 set. 2009, entrevista por John Markoff, <transcriptvids.com/v/jvbGAPJSDJI.html>.

74. Entrevista de Bob Taylor pelo autor; Hiltzik, *Dealers of Lightning*, p. 4834.

75. A história de Fred Moore é contada em detalhes em Levy, *Hackers*, e Markoff, *What the Dormouse Said*.

76. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor.

77. Vídeo da festa de falecimento do *Whole Earth Catalog*, <mediaburn.org/video/aspects-of-demise-of-the-whole-earth-demise-party-2/>; Levy, *Hackers*, p. 197; entrevista de Stewart Brand pelo autor; Stewart Brand, “Demise Party” etc., <www.wholeearth.com/issue/article/1180/article/321/history.-.demise.party.etc>.

78. Markoff, *What the Dormouse Said*, p. 3335.

79. Além das fontes citadas acima, ver Thomas Albright e Charles Moore, “The Last Twelve Hours of the Whole Earth” (*Rolling Stone*, 8 jul. 1971); Barry Lopez, “Whole Earth’s Suicide Party” (*Washington Post*, 14 jun. 1971).

80. Entrevista de Bob Albrecht pelo autor; as notas de Albrecht me foram fornecidas.

81. Arquivo da People’s Computer Company e seus boletins publicados, <www.digibarn.com/collections/newsletters/peoples-computer/>.

82. Entrevista de Bob Albrecht pelo autor.

83. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor. Esta seção também se baseia em um livro de memórias com dezessete capítulos escrito por Felsenstein, que ele me

forneceu; artigos de Felsenstein, "Tom Swift Lives!" e "Convivial Design", em *People's Computer Company*; Felsenstein, "My Path through the Free Speech Movement and Beyond", 22 fev. 2005, que ele me forneceu; os ensaios autobiográficos que ele postou em <www.leefelsenstein.com/>; Freiberger e Swaine, *Fire in the Valley*, pp. 99-102; Levy, *Hackers*, p. 153 e passim; Markoff, *What the Dormouse Said*, p. 4375 e passim.

84. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor.

85. Ibid.; Lee Felsenstein, "Philadelphia 1945-1963", <www.leefelsenstein.com?page_id=16>; história oral de Lee Felsenstein, entrevista por Kip Crosby, <www.leefelsenstein.com/?page_id=16>; história oral de Lee Felsenstein, por Kip Crosby, 7 maio 2008, Computer History Museum.

86. Felsenstein, "My Path Through the Free Speech Movement and Beyond".

87. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor.

88. Felsenstein, "My Path Through the Free Speech Movement and Beyond".

89. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor; memórias de Felsenstein não publicadas.

90. As memórias de Felsenstein não publicadas, às quais tive acesso, contêm um capítulo inteiro sobre o incidente do rádio da polícia.

91. Felsenstein, "My Path Through the Free Speech Movement and Beyond".

92. Lee Felsenstein, "Exploration in the Underground", <www.leefelsenstein.com/?page_id=50>.

93. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor.

94. Ibid.; memórias não publicadas de Felsenstein.

95. Ibid.

96. Levy, *Hackers*, p. 160.

97. Ken Colstad e Efrem Lipkin, "Community Memory: A Public Information Network". *ACM SIGCAS Computers and Society*, dez. 1975. Para um arquivo sobre o Resource One Newsletter, ver <www.well.com/~szpak/cm/index.html>.

98. Doug Schuler, "Community Networks: Building a New Participatory Medium". *Communications of the ACM*, jan. 1994. Ver também folheto de Community Memory em The WELL, <www.well.com/~szpak/cm/cmflyer.html>: "Temos uma ferramenta poderosa — um gênio — à nossa disposição".

99. R. U. Sirius e St. Jude, *How to Mutate and Take Over the World*. Nova York: Ballantine, 1996; Betsy Isaacson, "St. Jude", monografia de graduação, Universidade Harvard, 2012.

100. Lee Felsenstein, "Resource One/Community Memory", <www.leefelsenstein.com/?page_id=44>.

101. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor; Felsenstein, "Resource One/Community Memory".

102. Ivan Illich, *Tools for Conviviality*. Nova York: Harper, 1973. p. 17.

103. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor.

104. Lee Felsenstein, “The Maker Movement — Looks Like a Revolution to Me”, discurso em Bay Area Maker Faire, 18 maio 2013. Ver também Evgeny Morozov, “Making It” (*New Yorker*, 13 jan. 2014).

105. Lee Felsenstein, “Tom Swift Terminal, or a Convivial Cybernetic Device”, <www.leefelsenstein.com/wp-content/uploads/2013/01/TST_scan._150.pdf>; Lee Felsenstein, “Social Media Technology”, <www.leefelsenstein.com/?page_id=125>.

106. Boletim n. 1 do Homebrew Computer Club, Digibarn Computer Museum, <www.digibarn.com/collections/newsletters/homebrew/V1_01/>; Levy, *Hackers*, p.167.

107. Comentários de Lee Felsenstein sobre meu primeiro esboço colaborativo, Medium.com, 20 dez. 2013. Não há provas de que qualquer um dos pilotos pessoais de Eisenhower tenha trocado de sexo.

108. Esta seção se baseia em entrevista de Ed Roberts por Art Salsberg, *Modern Electronics*, out. 1984; entrevista de Ed Roberts por David Greelish, revista *Historically Brewed*, 1995; Levy, *Hackers*, p. 186 e passim; Forrest M. Mims III, “The Altair Story: Early Days at MITS (*Creative Computing*, nov. 1984); Freiberger e Swaine, *Fire in the Valley*, p. 35 e passim.

109. Levy, *Hackers*, p. 186.

110. Mims, “The Altair Story”.

111. Levy, *Hackers*, p. 187.

112. Ibid.

113. Les Solomon, “Solomon’s Memory”, Atari Archives, <www.atariarchives.org/deli/solomons_memory.php>; Levy, *Hackers*, p. 189 e passim; Mims, “The Altair Story”.

114. H. Edward Roberts e William Yates, “Altair 8800 Minicomputer”. *Popular Electronics*, jan. 1975.

115. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

116. Michael Riordan e Lillian Hoddeson, “Crystal Fire” (*IEEE SCS News*, primavera 2007), adaptado de *Crystal Fire* (Nova York: Norton, 1977).

117. Entrevistas de Lee Felsenstein, Steve Wozniak, Steve Jobs e Bob Albrecht pelo autor. Esta seção se baseia também em relatos sobre as origens do Homebrew Computer Club em Wozniak, *iWoz* (Nova York: Norton, 2006); Markoff, *What the Dormouse Said*, p. 4493 e passim; Levy, *Hackers*, p. 201 e passim; Freiberger e Swaine, *Fire in the Valley*, p. 109 e passim; Steve Wozniak, “Homebrew and How the Apple Came to Be”, <www.atariarchives.org/deli/homebrew_and_how_the_apple.php>; exposição dos arquivos Homebrew no Computer History Museum; arquivo dos boletins do Homebrew, <www.digibarn/com/collections/newsletters/homebrew/>; Bob Lash, “Memoir of a Homebrew Computer Club Member”, <www.bambi.net/bob/homebrew/html>.

118. Steve Dompier, "Music of a Sort". *Peoples Computer Company*, maio 1975. Ver também Freiberger e Swaine, *Fire in the Valley*, p. 129; Levy, *Hackers*, p. 204. Para o código de Dompier, ver <kevindriscoll.org/projects/ccswg2012/fool_on_a_hill.html>.

119. Bill Gates, "Software Contest Winners Announced". *Computer Notes*, jul. 1975.

9. SOFTWARE

1. Entrevista do autor com Bill Gates; Paul Allen, *Idea Man* (Nova York: Portfolio, 2011; localizações da edição Kindle, p. 129). Esta seção se baseia também em uma entrevista formal em 2013 e em outras conversas que tive com Bill Gates; no tempo que passei com ele, com seu pai e com colegas para escrever uma reportagem de capa da *Time*, "In Search for the Real Bill Gates" (*Time*, 13 jan. 1997); e-mails de Bill Gates pai; Stephen Manes e Paul Andrews, *Gates* (Nova York: Doubleday, 1993; localizações da edição Kindle); James Wallace e Jim Erickson, *Hard Drive* (Nova York: Wiley, 1992); história oral de Bill Gates, entrevista por Marc Dickinson, Henry Ford Innovation Series, 30 jun. 2009; entrevista de Bill Gates, por David Allison, Smithsonian Institution, abr. 1995; outras histórias orais não públicas disponibilizadas por Bill Gates.

2. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 38.

3. Allen, *Idea Man*, p. 1069.

4. Entrevista de Bill Gates pelo autor. Ver também história oral de Bill Gates, Ford Innovation Series.

5. Isaacson, "In Search of the Real Bill Gates".

6. Ibid.

7. Entrevista de Bill Gates pai pelo autor.

8. Manes e Andrews, *Gates*, p. 715.

9. Entrevista de Bill Gates pai pelo autor. A lei diz: "Um escoteiro é honesto, leal, solícito, amistoso, cortês, gentil, obediente, alegre, frugal, corajoso, asseado e reverente".

10. Manes e Andrews, *Gates*, pp. 583, 659.

11. Entrevista de Bill Gates pai pelo autor.

12. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 21.

13. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

14. Allen, *Idea Man*, p. 502.

15. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 25.

16. Allen, *Idea Man*, p. 511.

17. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 26.

18. Allen, *Idea Man*, p. 751.

19. Entrevista de Bill Gates pelo autor; Isaacson, "In Search of the Real Bill

Gates”.

20. Entrevista de Bill Gates pelo autor (também em outras histórias orais).

21. Manes e Andrews, *Gates*, p. 924.

22. Entrevistas de Bill Gates e Bill Gates pai pelo autor.

23. Entrevista de Steve Russell pelo autor.

24. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 31.

25. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

26. Allen, *Idea Man*, p. 616; entrevistas de Steve Russell e Bill Gates pelo autor.

27. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

28. Paul Freiberger e Michael Swaine, *Fire in the Valley*, p. 21; entrevista de Bill Gates pelo autor; Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 35.

29. Allen, *Idea Man*, p. 719.

30. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 42.

31. Entrevista de Bill Gates pelo autor; Isaacson, “In Search of the Real Bill Gates”.

32. Entrevista de Bill Gates pelo autor; história oral de Bill Gates, entrevista por Larry Cohen e Brent Schlender, disponibilizada a mim por Bill Gates.

33. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 43.

34. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

35. Allen, *Idea Man*, p. 811.

36. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 43.

37. Entrevista de Bill Gates pelo autor; Allen, *Idea Man*, p. 101.

38. Ibid.; Ibid., p. 849.

39. Allen, *Idea Man*, p. 860.

40. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 45; Manes e Andrews, *Gates*, p. 458.

41. Manes e Andrews, *Gates*, p. 1445; Allen, *Idea Man*, p. 917; entrevista de Bill Gates pelo autor.

42. Allen, *Idea Man*, p. 942.

43. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

44. Allen, *Idea Man*, p. 969.

45. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 55. Uma versão anterior desta seção foi publicada na *Harvard Gazette*, e a versão atual reflete comentários e correções feitos por Gates e outros.

46. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

47. Nicholas Josefowitz, “College Friends Remember Bill Gates”. *Harvard Crimson*, 4 jun. 2002.

48. Manes e Andrews, *Gates*, p. 1564.

49. “Bill Gates to Sign Off at Microsoft”. AFP, 28 jun. 2008.

50. William H. Gates e Christos P. Papadimitriou, “Bounds for Sorting by Prefix Reversal”. *Discrete Mathematics*, 1979; Harry Lewis, “Reinventing the

Classroom". *Harvard Magazine*, set. 2012; David Kestenbaum, "Before Microsoft, Gates Solved a Pancake Problem". NPR, 4 jul. 2008.

51. Allen, *Idea Man*, p. 62.

52. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

53. Allen, *Idea Man*, p. 1058.

54. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

55. Bill Gates e Paul Allen a Ed Roberts, 2 jan. 1975; Manes e Andrews, *Gates*, p. 1810.

56. Allen, *Idea Man*, p. 160.

57. Ibid., p. 1103.

58. Manes e Andrews, *Gates*, p. 1874.

59. Entrevista de Bill Gates pelo autor; Allen, *Idea Man*, p. 1117.

60. Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 76.

61. Allen, *Idea Man*, p. 1163.

62. Ibid., p. 1204.

63. Ibid., p. 1223; Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 81.

64. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

65. Comentários de Bill Gates, *Harvard Gazette*, 7 jun. 2007.

66. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

67. A seção sobre Gates em Albuquerque baseia-se em Allen, *Idea Man*, p. 1214 e passim; Manes e Andrews, *Gates*, p. 2011 e passim; Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 85 e passim.

68. História oral de Bill Gates, Henry Ford Innovation Series.

69. Allen, *Idea Man*, p. 1513.

70. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

71. Allen, *Idea Man*, p. 1465; Manes e Andrews, *Gates*, p. 2975; Wallace e Erickson, *Hard Drive*, p. 130.

72. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

73. Allen, *Idea Man*, p. 1376.

74. Fred Moore, "It's a Hobby", boletim do Homebrew Computer Club, 7 jun. 1975.

75. John Markoff, *What the Dormouse Said*, p. 4633; Steven Levy, *Hackers*, p. 231.

76. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor; história oral de Lee Felsenstein, entrevista por Kip Crosby, Computer History Museum, 7 maio 2008.

77. Boletim do Homebrew Computer Club, 3 fev. 1976, <www.digibarn.com/collections/newsletters/homebrew/V2_01/gatesletter.html>.

78. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

79. Harold Singer, "Open Letter to Ed Roberts", boletim Micro-8 Computer User Group, 28 mar. 1976.

80. Entrevista de Lee Felsenstein pelo autor.

81. Entrevista de Bill Gates, *Playboy*, jul. 1994.

82. Esta seção se baseia em meu livro *Steve Jobs* (Nova York: Simon and Schuster, 2011), por sua vez baseado em entrevistas de Steve Jobs, Steve Wozniak, Nolan Bushnell, Al Alcorn e outros. A biografia de Jobs inclui bibliografia e notas sobre as fontes. Para este livro, entrevistei novamente Bushnell, Alcorn e Wozniak. Esta seção se baseia em Steve Wozniak, *iWoz* (Nova York: Norton, 1984); Steve Wozniak, "Hoebrew and How the Apple Came to Be", <www.atariarchives.org/deli/homebrew_and_how_the_apple.php>.

83. Quando postei um primeiro esboço de partes deste livro e pedi comentários e correções aos leitores do Medium, Dan Bricklin deu-me sugestões úteis. Começamos a trocar ideias sobre a criação do VisiCalc, e mais tarde adicionei esta seção ao livro. Ela se baseia, em parte, nas trocas de e-mails com Bricklin e Bob Frankston e no capítulo 12, "VisiCalc", em Dan Bricklin, *Bricklin on Technology* (Nova York: Wiley, 2009).

84. E-mail de Dan Bricklin ao autor; Dan Bricklin, "The Idea", <www.bricklin.com/history/saiidea.htm>.

85. Peter Ruell, "A Vision of Computing's Future". *Harvard Gazette*, 22 mar. 2012.

86. Bob Frankston, "Implementing VisiCalc", não publicado, 6 abr. 2002.

87. Ibid.

88. Entrevista do autor com Steve Jobs.

89. História corporativa da IBM, "The Birth of the IBM PC", <www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/pc25/pc25_birth.html>.

90. Manes e Andrews, *Gates*, p. 3629.

91. Ibid., p. 3642; entrevista de Steve Ballmer, "Triumph of the Nerds", parte II, PBS, jun. 1996. Ver também James Chposky e Ted Leonsis, *Blue Magic* (Nova York: Facts on File, 1988, cap. 9).

92. Entrevista de Bill Gates e Paul Allen por Brent Schlender, *Fortune*, 2 out. 1995.

93. Entrevista de Steve Ballmer, "Triumph of the Nerds", parte II, PBS, jun. 1996.

94. Entrevista de Jack Sams, "Triumph of the Nerds", parte II, PBS, jun. 1996. Ver também Steve Hamm e Jay Greene, "The Man Who Could Have Been Bill Gates" (*Business Week*, 24 out. 2004).

95. Entrevistas de Tim Paterson e Paul Allen, "Triumph of the Nerds", parte II, PBS, jun. 1996.

96. Ibid.; Manes e Andrews, *Gates*, p. 3798.

97. Entrevista de Bill Gates e Paul Allen por Brent Schlender, *Fortune*, 2 out. 1995; Manes e Andrews, *Gates*, p. 3868.

98. Manes e Andrews, *Gates*, pp. 3886, 3892.

99. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

100. Entrevista de Bill Gates e Paul Allen por Brent Schlender, *Fortune*, 2 out. 1995.

101. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

102. Ibid.

103. Entrevista de Bill Gates e Paul Allen por Brent Schlender, *Fortune*, 2 out. 1995.

104. Entrevista de Bill Gates por David Rubenstein, Harvard, 21 set. 2013, notas do autor.

105. Entrevista de Bill Gates e Paul Allen por Brent Schlender, *Fortune*, 2 out. 1995.

106. Entrevista de Bill Gates por David Bunnell, revista *PC*, 1 fev. 1982.

107. Isaacson, *Steve Jobs*, p. 135.

108. Ibid., p. 94.

109. Entrevista de Steve Jobs pelo autor.

110. Apresentação de Steve Jobs, jan. 1984, <www.youtube.com/watch?v=2BXwPjn9YY>.

111. Isaacson, *Steve Jobs*, p. 173.

112. Entrevista de Andy Herzfeld pelo autor.

113. Entrevistas de Steve Jobs e Bill Gates pelo autor.

114. Andy Hertzfeld, *Revolution in the Valley*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2005. p. 191. Ver também Andy Hertzfeld, <www.folklore.org/StoryView.py?story=A_Rich_Neighbor_Named_Xerox.txt>.

115. Entrevistas de Steve Jobs e Bill Gates pelo autor.

116. Entrevista de Steve Jobs pelo autor.

117. Além das fontes citadas a seguir, esta seção se baseia em minha entrevista com Richard Stallman; Richard Stallman, ensaios e filosofia, em <www.gnu.org/gnu/gnu.html>; Sam Williams, com revisões de Richard M. Stallman, *Free as in Freedom (2.0): Richard Stallman and the Free Software Revolution* (Boston: Free Software Foundation, 2010). Uma edição anterior do livro de Williams foi publicada por O'Reilly Media em 2002. Quando essa edição estava sendo concluída, Stallman e Williams "separaram-se em condições aquém do cordial" devido a objeções e pedidos de correção de Stallman. A versão 2.0 incorporou as objeções de Stallman e uma significativa remodelação de alguns segmentos do livro. Stallman explica essas modificações em seu prefácio, e William também as descreve em seu prefácio à versão 2.0, que Stallman mais tarde chamou de "minha semiautobiografia". Para comparação, veja o texto original do livro em <oreilly.com/openbook/freedom/>.

118. Entrevista de Richard Stallman pelo autor. Ver também K. C. Jones, "A Rare Glimpse into Richard Stallman's World" (*Information Week*, 6 jan. 2006); Entrevista de Richard Stallman, em Michael Gross, "Richard Stallman: High School Misfit, Symbol of Free Software, MacArthur-Certified Genius", 1999,

<www.mgross.com/interviews/stallman1.html>; Williams, *Free as in Freedom*, p. 26 e passim.

119. Richard Stallman, "The GNU Operating System and the Free Software Movement". In: Chris DiBona e Sam Ockman (Orgs.), *Open Sources: Voices from the Open Source Revolution* (Sebastopol, CA: O'Reilly, 1999).

120. Entrevista de Richard Stallman pelo autor.

121. Richard Stallman, "The GNU Project", <www.gnu.org/gnu/thegnuproject.html>.

122. Williams, *Free as in Freedom*, p. 75.

123. Richard Stallman, "The GNU Manifesto", <www.gnu.org/gnu/manifesto.html>.

124. Richard Stallman, "What is Free Software?" e "Why Open Source Misses the Point of Free Software?", <www.gnu.org/philosophy/>.

125. Richard Stallman, "The GNU System", <www.gnu.org/philosophy/>.

126. Entrevista de Richard Stallman por David Betz e Jon Edwards, *Byte*, jul. 1986.

127. "Linus Torvalds", Linux Information Project, <www.linfo.org/linus.html>.

128. Linus Torvalds com David Diamond, *Just for Fun*. Nova York: HarperCollins, 2001. p. 4.

129. Ibid, pp. 74, 4, 17; Michael Learmonth, "Giving It All Away". *San Jose Metro*, 8 maio 1997.

130. Torvalds e Diamond, *Just for Fun*, pp. 52, 55, 64, 78, 72.

131. Linus Torvalds pronunciando "Linux": <upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ 0/03 /Linus-linux.ogg>.

132. Learmonth, "Giving It All Away".

133. Torvalds e Diamond, *Just for Fun*, p. 58.

134. Linus Torvalds, "Free Minix-like Kernel Sources for 386-AT", em Newsgroups: comp.os.minix, 5 out. 1991, <www.cs.cmu.edu/~awb/linux.history.html>.

135. Torvald e Diamond, *Just for Fun*, pp. 87, 93, 97, 119.

136. Gary Rivlin, "Leader of the Free World". *Wired*, nov. 2003.

137. Yochai Benkler, *The Penguin and the Leviathan: How Cooperation Triumphs over Self-Interest*. Nova York: Crown, 2011; Yochai Benkler, "Coase's Penguin, or, Linux and the Nature of the Firm" (*Yale Law Journal*, 2002), <soc.ics.uci.edu/Resources/bibs.php?793>.

138. Eric Raymond, *The Cathedral and the Bazaar*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 1999. p. 30.

139. Alexis de Tocqueville, *Democracy in America* (originalmente publicado em 1835-40; edição Packard), localização da edição Kindle, p. 3041.

140. Torvalds e Diamond, *Just for Fun*, pp. 122, 167, 120, 121.

141. Entrevista de Richard Stallman, *Reddit*, 29 jul. 2010, <www.redditblog.com/2010/07/rms-ama.html>.

142. Richard Stallman, "What's In a Name?", <www.gnu.org/gnu/why-gnu-linux.html>.

143. Torvalds e Diamond, *Just for Fun*, p. 164.

144. Publicação no blog de Linus Torvalds, "Black and White", 2 nov. 2008, <torvalds-family.blogspot.com/2008/11/black-and-white.html>.

145. Torvalds e Diamond, *Just for Fun*, p. 163.

146. Raymond, *The Cathedral and the Bazaar*, p. 1.

10. ON-LINE

1. E-mail de Lawrence Landweber ao autor, 5 fev. 2014.

2. Ray Tomlinson, "The First Network Email", <openmap.bbn.com/~tomlinso/ray/firstemailframe.html>.

3. E-mail de Larry Brilliant ao autor, 14 fev. 2014.

4. Entrevista de Larry Brilliant, *Wired*, 20 dez. 2007.

5. Ibid.

6. Katie Hafner, *The Well*. Nova York: Carroll & Graf, 2001. p. 10.

7. Ibid., p. 30; Turner, *From Counterculture to Cyberculture*, p. 145.

8. Howard Rheingold, *The Virtual Community*. Nova York: Perseus, 1993. p. 9.

9. Tom Mandel, "Confessions of a Cyberholic". *Time*, 1 mar. 1995. Àquela altura, Mandel sabia que estava morrendo e perguntou a seus editores da *Time*, Phil Elmer-DeWitt, Dick Duncan e eu, se, como despedida, ele poderia escrever uma reflexão sobre o mundo on-line.

10. Tom Mandel em The WELL, <www.well.com/~cynsa/tom/tom13.html>. Ver também "To Our Readers" [assinado pela editora, Elizabeth Long, mas escrito por Phil Elmer-DeWitt], *Time*, 17 abr. 1995.

11. Esta seção se baseia em entrevistas com Steve Case, Jim Kimsey e Jean Case; Michael Banks, *On the Way to the Web* (Berkeley: Apress, 2008; localizações da edição Kindle); Kara Swisher, *AOL.com* (Nova York: Random House, 1998); Alec Klein, *Stealing Time* (Nova York: Simon & Schuster, 2003). Steve Case, velho amigo e colega, fez comentários e correções para um esboço inicial.

12. Klein, *Stealing Time*, p. 11.

13. Banks, *On the Way to the Web*, pp. 792, 743.

14. Ibid., pp. 602, 1467.

15. Entrevista de Steve Case pelo autor; Banks, *On the Way to the Web*, p. 1503; Swisher, *AOL.com*, p. 27.

16. Palestra de Steve Case, JP Morgan Technology Conference, San Francisco, 1 maio 2011.

17. Nina Munk, *Fools Rush In*. Nova York: HarperCollins, 2004. p. 73.

18. Entrevista de Steve Case pelo autor.

19. Swisher, *AOL.com*, p. 25.

20. Palestra de Steve Case, Stanford, 25 maio 2010.

21. Palestra de Steve Case, Stanford, 25 maio 2010.

22. Entrevista de Steve Case pelo autor.

23. Palestra de Steve Case, Stanford, 25 maio 2010.

24. Swisher, *AOL.com*, p. 27.

25. Entrevista de Steve Case pelo autor.

26. Entrevista de Steve Case pelo autor; e-mail de Case ao autor e comentários sobre primeiro esboço publicado no Medium. Há divergência nos relatos sobre Meister estar ansioso para contratar Steve Case ou se Dan Case o incentivou a contratá-lo. Swisher, *AOL.com*, p. 28, diz que a primeira dessas alternativas é a verdadeira. Banks, *On the Way to the Web*, p. 1507, diz que é a segunda. É provável que ambas as versões contenham elementos da verdade.

27. Entrevista de Jim Kinsey pelo autor.

28. Swisher, *AOL.com*, p. 53.

29. Ibid., p. 48.

30. Entrevistas de Steve Case e Steve Wozniak pelo autor.

31. Palestra de Steve Case, Stanford, 25 maio 2010.

32. Entrevista de Steve Case pelo autor.

33. Ibid.

34. História oral de Steve Case, entrevista por Walter Isaacson, 2013, Riptide Project, Harvard, <www.niemanlab.org/riptide/person/steve-case/>. Participei desse projeto de história oral sobre a perturbação digital do jornalismo, com curadoria de John Huey, Paul Sagen e Martin Niselholtz.

35. História oral de Steve Case, "How the Web Was Won", *Vanity Fair*, jul. 2008.

36. Entrevista de Jum Kimsey pelo autor.

37. Palestra de Steve Case, Stanford, 25 maio 2010.

38. Dave Fischer, newsgroup: alt.folklore.computers, 25 jan. 1994, <groups.google.com/forum#!original/alt.folklore.computers/wF4CpYbWuuA/jS6Z

39. Wendy Grossman, *Net. Wars*. Nova York: New York University Press, 1977. p. 33.

40. Entrevista de Al Gore pelo autor.

41. Entrevista de Al Gore por Wolf Blitzer, "Late Edition", CNN, 9 mar. 1999, <www.cnn.com/ALLPOLITICS/stories/1999/03/09/president.2000/transcript.gore

42. Robert Khan e Vinton Cerf, "Al Gore and the Internet", e-mail a Declan McCullaugh e outros, 28 set. 2000, <www.politechbot/p-01394.html>.

43. Newt Grinch, discurso na American Political Science Association, 1 set. 2000.

11. A WEB

1. Tim Berners-Lee, *Weaving the Web*. Nova York: HarperCollins, 1999. p. 4. Ver também Mark Fischetti, "The Mind Behind the Web" (*Scientific American*, 12 mar. 2009).

2. Entrevista de Tim Berners-Lee pelo autor.

3. Ibid.

4. Ibid.

5. Ibid.

6. Entrevista de Tim Berners-Lee, Academy of Achievement, 22 jun. 2007.

7. Entrevista de Tim Berners-Lee pelo autor.

8. Ibid.

9. *Enquire Within Upon Everything* (1894), <www.gutenberg.org/files/10766/10766-h/10766-h.htm>.

10. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 1.

11. Entrevista de Tim Berners-Lee pelo autor.

12. Entrevista de Tim Berners-Lee, Academy of Achievement, 22 jun. 2007.

13. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 10.

14. Ibid., p. 4.

15. Ibid., p. 14.

16. Entrevista de Tim Berners-Lee pelo autor.

17. Entrevista de Tim Berners-Lee, Academy of Achievement, 22 jun. 2007.

18. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 15.

19. John Naish, "The NS Profile: Tim Berners-Lee". *New Statesman*, 15 ago. 2011.

20. Berners-Lee, *Weaving the Web*, pp. 16, 18.

21. Ibid., p. 16.

22. Tim Berners-Lee, "Information Management: A Proposal", CERN, mar. 1989, <www.w3.org/History/1989/proposal.html>.

23. James Gillies e Robert Cailliau, *How the Web Was Born*. Oxford: Oxford University Press, 2000. p. 180.

24. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 26.

25. Gillies e Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 198.

26. Ibid., p. 190.

27. Entrevista de Robert Cailliau, "How the Web Was Won", *Vanity Fair*, jul. 2008.

28. Gillies e Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 234.

29. Tim Smith e François Flückiger, "Licensing the Web", CERN, <home.web.cern.ch/topics/birth-web/licensing-web>.

30. Tim Berners-Lee, "The World Wide Web and the "Web of Life", 1998,

<www.w3.org/People/Berners-Lee/UU.html>.

31. Tim Berners-Lee, postado em Newsgroup alt.hypertext, 6 ago. 1991, <www.w3.org/People/Berners-Lee/1991/08/art-6484.txt>.

32. Nick Bilton, “As the Web Turns 25, Its Creator Talks about Its Future”. *New York Times*, 11 mar. 2014.

33. Gillies e Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 203. Ver também Matthew Lasar, “Before Netscape” (*Ars Technica*, 11 out. 2011).

34. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 56.

35. Gillies e Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 217.

36. Entrevista de Marc Andreessen pelo autor.

37. Ibid.

38. Robert Reid, *Architects of the Web*. Nova York: Wiley, 1997. p. 7.

39. Gillies e Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 239; alt.hypertext Newsgroup, sexta-feira, 29 jan. 1993, 12h22min43 GMT, <www.jmc.sjsu.edu/faculty/rcraig/mosaic/txt>.

40. Entrevista de Marc Andreessen pelo autor.

41. Gillies e Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 240.

42. Entrevista de Marc Andreessen pelo autor.

43. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 70; entrevista de Tim Berners-Lee pelo autor.

44. Entrevista de Marc Andreessen pelo autor.

45. Entrevista de Tim Berners-Lee pelo autor.

46. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 70.

47. Ibid., p. 65.

48. Ted Nelson, “Computer Paradigm”. <xanadu.com.au/ted/TN/WRITINGS/TCOMPARADIGM/tedCompOneLiners.htm

49. Entrevista de Jaron Lanier por Eric Allen Bean, Nieman Journalism Lab, 22 maio 2013.

50. John Huey, Martin Nisenholtz e Paul Sagan, “Riptide”, Harvard Kennedy School, <www.niemanlab.org/riptide/>.

51. Entrevista de Marc Andreessen pelo autor.

52. Entrevista de Tim Berners-Lee pelo autor.

53. Entrevista de Marc Andreessen pelo autor.

54. John Markoff, “A Free and Simple Computer Link”. *New York Times*, 8 dez. 1993.

55. Esta seção se baseia sobretudo em minhas entrevistas de Justin Hall e no que ele postou em <www.links.net/>.

56. Justin Hall, “Justin’s Links”, <www.links.net/vita/web/story/html>.

57. Entrevistas de Justin Hall e Joan Hall pelo autor.

58. Entrevista de Howard Rheingold pelo autor; Howard Rheingold, *The Virtual Community*.

59. Entrevistas de Justin Hall e Howard Rheingold pelo autor; Gary Wolf, *Wired — A Romance*. Nova York: Random House, 2003. p. 110.

60. Scott Rosenberg, *Say Everything*. Nova York: Crown, 2009. p. 24.

61. Ibid., p. 44.

62. Justin Hall, "Exposing Myself", post de Howard Rheingold, <www.well.com/~hlr/jam/justin/justinexposing.html>.

63. Entrevista de Arianna Huffington pelo autor.

64. Clive Thompson, *Smarter Than You Think*. Nova York: Penguin, 2013. p. 68.

65. Hall, "Exposing Myself".

66. Entrevista de Ev Williams pelo autor. Esta seção também se baseia em entrevista de Ev Williams em Jessica Livingston, *Founders at Work* (Berkeley: Apress, 2007, p. 2701 e passim); Nick Bilton, *Hatching Twitter* (Nova York: Portfolio, 2013), p. 9 e passim; Rosenberg, *Say Everything*, p. 104 e passim; Rebecca Mead, "You've Got Blog" (*New Yorker*, 13 nov. 2000).

67. Dave Winer, "Scripting News in XML", 15 dez. 1997, <scripting.com/davenet/1997/12/15/scriptingNewsInXML.html>.

68. Livingston, *Founders at Work*, p. 2094.

69. Ibid., pp. 2109, 2123, 2218.

70. Meg Hourihan, "A Sad Kind of Day", <web.archive.org/web/20010917033719/http://www.megnut.com/archive.asp?which=2001_02_01_archive.inc>; Rosenberg, *Say Everything*, p. 122.

71. Ev Williams, "And Then There Was One", 31 jan. 2001, <web.archive.org/web/2001121
4143830/http://www.evhead.com/longer/2200706_essays.asp>.

72. Livingston, *Founders at Work*, p. 2252.

73. Ibid.

74. Williams, "And Then There Was One".

75. Dan Bricklin, "How the Blogger Deal Happened", post no blog, 15 abr. 2001, <danbricklin.com/log/blogger.htm>; Dan Bricklin, *Bricklin on Techonology*. Nova York: Wiley, 2009. p. 206.

76. Livingston, *Founders at Work*, pp. 2289, 2302.

77. Entrevista de Ev Williams pelo autor.

78. Ibid.

79. Ibid.

80. Andrew Lih, *The Wikipedia Revolution*. Nova York: Hyperion, 2009. p. 1111. Ver também Ward Cunningham e Bo Leuf, *The Wiki Way: Quick Collaboration on the Web* (Reading, MA: Addison-Wesley, 2001); Ward Cunningham, "HyperCard Stacks", <c2.com/~ward/HyperCard/>; Ward Cunningham, discurso de abertura, Wikimania, 1 ago. 2005.

81. Ward Cunningham, "Invitation to the Pattern List", 1 maio 1995,

<c2/cgi/wiki?InvitationToThePatternsList>.

82. Ward Cunningham, correspondência sobre a etimologia de *wiki*, <c2.com/doc/etymology.html>.

83. Entrevista de Tim Berners-Lee, Riptide Project, Schornstein Center, Harvard, 2013.

84. Kelly Kazek, "Wikipedia Founder, Huntsville Native Jimmy Wales, Finds Fame Really Cool". *News Courier*, Athens, AL, 12 ago. 2006.

85. Entrevista do autor com Jimmy Wales.

86. Ibid.; Lih, *The Wikipedia Revolution*, p. 585.

87. Marshall Poe, "The Hive". *Atlantic*, set. 2006.

88. Entrevista de Jimmy Wales por Brian Lamb, C-SPAN, 25 set. 2005.

89. Entrevista de Jimmy Wales pelo autor; Eric Raymond, "The Cathedral and the Bazaar", primeira apresentação em 1997, reimpresso em *The Cathedral and the Bazaar* (Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 1999).

90. Richard Stallman, "The Free Universal Encyclopedia and Learning Resource" (1999), <www.gnu.org/encyclopedia/free-encyclopedia.html>.

91. Larry Sanger, "The Early History of Nupedia and Wikipedia", Slashdot, <beta/slashdot.org/story/56499>, e O'Reilly Commons, <commons.oreilly.com/wiki/index.php/Open_Sources_2.0/Beyond_Open_Source:

92. Larry Sanger, "Become an Editor or Peer Reviewer!", Nupedia, <archive.is/IWDNq>.

93. Entrevista de Jimmy Wales pelo autor; Lih, *The Wikipedia Revolution*, p. 960.

94. Entrevista de Jimmy Wales pelo autor.

95. Larry Sanger, "Origins of Wikipedia", página de usuário de Sanger, <en.wikipedia.org/wiki/User:Larry_Sanger/Origins_of_Wikipedia>; Lih, *The Wikipedia Revolution*, p. 1049.

96. Ben Kovitz, "The Conversation at the Taco Stand", página de usuário de Kovitz, <en.wikipedia.org/wiki/User:BenKovitz>.

97. Jimmy Wales, thread "Re: Sanger's Memoirs", abril 2005, <lists.wikimedia.org/pipermail/wikipedia-1/2005-April/021463.html>.

98. Jimmy Wales e Larry Sanger, thread "Re: Sanger's Memoirs", abril 2005, <lists.wikimedia.org/pipermail/wikipedia-1/2005-April021460.html>, <lists.wikimedia.org/pipermail/wikipedia-1/2005-April021469.html> e subsequentes. Ver também Larry Sanger, "My Role in Wikipedia", <larrysanger.org/roleinwp.html>; "User:Larry Sanger/Origins of Wikipedia", <en.wikipedia/org/wiki/User:Larry_Sanger/Origins_of_Wikipedia>; "History of Wikipedia" e sua página de conversas, <en.wikipedia.org/wiki/History_of_Wikipedia> junto com as mudanças no artigo editadas por Jimmy Wales, <en.wikipedia.org/w/index.php?title=Jimmy_Wales&diff=next&oldid=29849184>; Talk: Bomis, revisões por Jimmy

Wales, <en.wikipedia.org/w/index.php?diff=11139857>.

99. Kovitz, "The Conversation at the Taco Stand".

100. Larry Sanger, "Let's Make a Wiki", *thread* de mensagens da Nupedia, 10 jan. 2001, <archive.is/yovNt>.

101. Lih, *The Wikipedia Revolution*, p. 1422.

102. Clay Shirky, "Wikipedia — An Unplanned Miracle". *Guardian*, 14 jan. 2011; ver também Clay Shirky, *Here Comes Everybody: The Power of Organizing without Organizations* (Nova York: Penguin, 2008) e *Cognitive Surplus: Creativity and Generosity in a Connected Age* (Nova York: Penguin, 2010).

103. Entrevista de Jimmy Wales pelo autor.

104. Larry Sanger, "Why Wikipedia Must Jettison Its Anti-Elitism", 31 dez. 2004, <www.LarrySanger.org>.

105. Press release da Wikipedia, 15 jan. 2002, <en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Press_releases/January_2002>.

106. Entrevista de Jimmy Wales pelo autor.

107. Shirky, "Wikipedia — An Unplanned Miracle".

108. Yochai Benkler, "Coase's Penguin, or, Linux and the Nature of the Firm" (*Yale Law Journal*, 2002), <soc.ics.uci.edu/Resources/bibs.php?793>; Yochai Benkler, *The Penguin and the Leviathan: How Cooperation Triumphs Over Self-Interest*. Nova York: Crown, 2011.

109. Daniel Pink, "The Buck Stops Here". *Wired*, mar. 2005; Tim Adams, "For Your Information". *Guardian*, 30 jun. 2007; página de usuário de Lord Emsworth, <en.wikipedia.org/wiki/User:Lord_Emsworth>; Peter Steiner, charge na *New Yorker*, 5 jul. 1993, em <en.wikipedia.org/wiki/On_the_Internet,_nobody_knows_you're_a_dog>.

110. Jonathan Zittrain, *The Future of the Internet and How to Stop It*. New Haven: Yale University Press, 2008. p. 147.

111. Entrevista de Jimmy Wales pelo autor.

112. Ibid.

113. John Battelle, *The Search* (Nova York: Portfolio, 2005; localizações da edição Kindle. p. 894).

114. Ibid., p. 945; visita do autor a Srinija Srinivasan.

115. Além das fontes citadas a seguir, esta seção se baseia em minha entrevista e conversas com Larry Pages; discurso de formatura de Larry Page na Universidade de Michigan, 2 maio 2009; entrevistas de Larry Page e Sergey Brin, Academy of Achievement, 28 out. 2000; "The Lost Google Tapes", entrevistas de John Ince por Sergey Brin, Larry Page e outros, jan. 2000, <www.podtech.net/home/?s=Lost+Google+Tapes>; John Ince, "Google Flashback — My 2000 Interviews" (*Huffington Post*, 6 fev. 2012); Ken Auletta, *Googled* (Nova York: Penguin, 2009); John Battelle, *The Search* (Nova York: Portfolio, 2005); Richard Brandt, *The Google Guys* (Nova York: Penguin, 2011); Steven Levy, *In the Plex* (Nova York: Simon and

Schuster, 2011); Randall Stross, *Planet Google* (Nova York: Free Press, 2008); David Vise, *The Google Story* (Nova York: Delacorte, 2005); Douglas Edwards, *I'm Feeling Lucky: The Confessions of Google Employee Number 59* (Boston: Mariner, 2012); Brenna McBride, "The Ultimate Search" (*College Park*, primavera 2000); Mark Malseed, "The Story of Sergey Brin" (*Moment*, fev. 2007).

116. Entrevista de Larry Page pelo autor.

117. Entrevista de Larry Page, Academy of Achievement.

118. Entrevista de Larry Page por Andy Serwer, *Fortune*, 1 maio 2008.

119. Entrevista de Larry Page pelo autor.

120. Ibid.

121. Ibid.

122. Discurso de formatura por Larry Page, Michigan.

123. Entrevista de Larry Page pelo autor.

124. Ibid.

125. Ibid.

126. Battelle, *The Search*, p. 1031.

127. Auletta, *Googled*, p. 28.

128. Entrevista de Larry Page e Sergey Brin por Barbara Walters, *ABC News*, 8 dez. 2004.

129. Palestra de Sergey Brin, conferência Breakthrough Learning, sede do Google, 12 nov. 2009.

130. Malseed, "The Story of Sergey Brin".

131. Entrevista de Sergey Brin, Academy of Achievement.

132. McBride, "The Ultimate Search".

133. Auletta, *Googled*, p. 31.

134. Ibid., p. 32.

135. Vise, *The Google Story*, p. 33.

136. Auletta, *Googled*, p. 39.

137. Entrevista de Larry Page pelo autor.

138. Ibid.

139. Entrevista de Terry Winograd por Bill Moggridge, <www/designinginteractions.com/interviews/TerryWinograd>.

140. Entrevista de Larry Page pelo autor.

141. Craig Silverstein, Sergey Brin, Rajeev Motwani e Jeff Ullman, "Scalable Techniques for Mining Casual Structures". *Data Mining and Knowledge Discovery*, jul. 2000.

142. Entrevista de Larry Page pelo autor.

143. Ibid.

144. Larry Page, discurso de formatura, Michigan.

145. Vise, *The Google Story*, p. 10.

146. Larry Page, discurso de formatura, Michigan.

147. Battelle, *The Search*, p. 1183.

148. Ibid., p. 1114.

149. Larry Page, discurso de formatura, Michigan.

150. Entrevista de Larry Page pelo autor.

151. Levy, *In the Plex*, p. 415, citando observações de Page no PC Forum de 2001, realizado em Scottsdale, Arizona.

152. Entrevista de Sergey Brin por John Ince, "The Lost Google Tapes", parte 2.

153. Sergey Brin, Rajeev Motwani, Larry Page, Terry Winograd, "What Can You Do with a Web in Your Pocket?". *Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering*, 1998.

154. Entrevista de Larry Page pelo autor.

155. Levy, *In the Plex*, p. 358.

156. Ibid., p. 430.

157. Entrevista de Sergey Brin por John Ince, "The Lost Google Tapes", parte 2, <www.podtech.net/home/1728/podventurezone-lost-google-tapes-part-2-sergey-brin>.

158. Levy, *In the Plex*, p. 947.

159. Entrevista de Larry Page pelo autor.

160. Sergey Brin e Larry Page, "The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine", VII International World Wide Web Conference, abril 1998, Brisbane, Austrália.

161. Vise, *The Google Story*, p. 30.

162. Entrevista de Larry Page pelo autor.

163. Entrevistas de David Cheriton, Mike Moritz e Sergey Brin por John Ince, "The Lost Google Tapes"; Vise, *The Google Story*, p. 47; Levy, *In the Plex*, p. 547.

164. Vise, *The Google Story*, p. 47; Battelle, *The Search*, p. 86.

165. Entrevista de Sergey Brin por John Ince, "The Lost Google Tapes".

166. Ibid.

167. Auletta, *Googled*, p. 44.

168. Entrevista de Sergey Brin por John Ince, "The Lost Google Tapes", parte 2.

12. ADA PARA SEMPRE

1. Dyson, *Turing's Cathedral*, p. 6321; John von Neumann, *The Computer and the Brain*. New Haven: Yale University Press, 1958. p. 80.

2. Gary Marcus, "Hyping Artificial Intelligence, Yet Again" (*New Yorker*, 1 jan. 2014), citando "New Navy Device Learns by Doing" (reportagem enviada pela UPI) (*New York Times*, 8 jul. 1958); "Rival". *New Yorker*, 6 dez. 1958.

3. Marvin Minsky e Seymour Papert, os primeiros gurus da inteligência

artificial, contestaram algumas das premissas de Rosenblatt, e depois disso a empolgação com o Perceptron arrefeceu e toda a área entrou em um declínio conhecido como o "inverno da Inteligência Artificial". Ver Danny Wilson, "Tantalizingly Close to a Mechanized Mind: The Perceptrons Controversy and the Pursuit of Artificial Intelligence", monografia de graduação, Harvard, dezembro 2012; Frank Rosenblatt, "The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain" (*Psychological Review*, outono 1958); Marvin Minsky e Seymour Papert, *Perceptrons* (Cambridge, MA: MIT Press, 1969).

4. Entrevista de Ginni Rometty pelo autor.

5. Garry Kasparov, "The Chess Master and the Computer". *New York Review of Books*, 11 fev. 2010; Clive Thompson, *Smarter Than You Think*, p. 3.

6. "Watson on Jeopardy", website da IBM Smarter Planet, 14 fev. 2011, <asmarterplanet.com/blog/2011/02/watson-on-jeopardy-day-one-man-vs-machine-for-global-bragging-rights.html>.

7. John Searle, "Watson Doesn't Know It Won on Jeopardy". *Wall Street Journal*, 23 fev. 2011.

8. John E. Kelly III e Steve Hamm, *Smart Machines* (Nova York: Columbia Business School Publishing, 2013, p. 4). Steve Hamm é jornalista especializado em tecnologia e agora trabalha como escritor e estrategista de comunicações da IBM. Atribuí as opiniões no livro a Kelly, que é diretor de pesquisa da empresa.

9. Larry Hardesty, "Artificial-Intelligence Research Revives Its Old Ambitions". *MIT News*, 9 set. 2013.

10. James Somers, "The Man Who Would Teach Computers to Think". *Atlantic*, nov. 2013.

11. Gary Marcus, "Why Can't My Computer Understand Me?". *New Yorker*, 16 ago. 2013.

12. Steve Pinker, *The Language Instinct*. Nova York: Harper, 1994. p. 191.

13. Stuart Russell e Peter Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995. p. 566.

14. Entrevista de Bill Gates pelo autor.

15. Nicholas Wade, "In Tiny Worm, Unlocking Secrets of the Brain". *New York Times*, 20 jun. 2011; "The Connectome of a Decision-Making Neural Network", *Science*, 27 jul. 2012; The Dana Foundation, <www.dana.org/News/Details.aspx?id=43512>.

16. John Markoff, "Brainlike Computers, Learning from Experience". *New York Times*, 28 dez. 2013. Markoff, que há muito tempo faz relatos ponderados sobre essa área, está escrevendo um livro que examina as implicações das máquinas capazes de substituir o trabalho físico humano.

17. "Neuromorphic Computing Platform", Human Brain Project, <www.humanbrainproject.eu/neuromorphic-computing-platform1>; Bennie Mols, "Brainy Computer Chip Ditches Digital for Analog". *Communications of the ACM*, 27

fev. 2014; Klint Finley, "Computer Chips That Work Like a Brain Are Coming — Just Not Yet", *Wired*, 31 dez. 2013. Beau Cronin, da O'Reilly Media, propôs um jogo etílico: "Tome uma dose toda vez que encontrar uma reportagem ou um post em blog que afirma que um novo sistema de IA trabalha ou pensa 'como o cérebro'" (<radar.oreilly.com/2014/05/it-works-like-the-brain-so.html>), e ele mantém um mural de histórias que fazem afirmações desse tipo (<pinboard.in/u:beaucronin/t:like-the-brain/#>).

18. Entrevista de Tim Berners-Lee pelo autor.

19. Vernor Vinge, "The Coming Technological Singularity". *Whole Earth Review*, inverno 1993. Ver também Ray Kurzweil, "Accelerating Intelligence", <www.kurzweilai.net/>.

20. J. C. R. Licklider, "Man-Computer Symbiosis". *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, mar. 1960.

21. Kelly e Hamm, *Smart Machines*, p. 7.

22. Kasparov, "The Chess Master and the Computer".

23. Kelly e Hamm, *Smart Machines*, p. 2.

24. "Why Cognitive Systems?", website IBM Research, <www.research.ibm.com/cognitive-computing/why-cognitive-systems.shtml>.

25. Entrevista de David McQueeney pelo autor.

26. Entrevista de Ginni Rometty pelo autor.

27. Ibid.

28. Kelly e Hamm, *Smart Machines*, p. 3.

29. "Accelerating the Co-Evolution", Doug Engelbart Institute, <dougengelbart.org/about/co-evolution.html>; Thierry Bardini, *Bootstrapping: Douglas Engelbart, Coevolution, and the Origins of Personal Computing*.

30. Nick Bilton, *Hatching Twitter*, p. 203.

31. Em geral atribuído a Thomas Edison, que nunca disse isso. Com frequência usado por Steve Case.

32. Yochai Benkler, "Coase's Penguin, or, Linux and the Nature of the Firm". *Yale Law Journal*, 2002.

33. Steven Johnson, "The Internet? We Built That". *New York Times*, 21 set. 2012.

34. Entrevista de Larry Page pelo autor. A citação de Steve Jobs provém de uma entrevista que fiz com ele para meu livro anterior.

35. Kelly e Hamm, *Smart Machines*, p. 7.

PATRICE GILBERT

WALTER ISAACSON nasceu nos Estados Unidos, em 1952. É diretor-geral do Aspen Institute, foi presidente da CNN e editor administrativo da revista *Time*. É autor de *Benjamin Franklin*: *an american life*, de *Kissinger*: *a biography* e coautor de *The wise men*: *six friends and the world they made*, além do best-seller internacional *Steve Jobs — A biografia*.

Copyright © 2014 by Walter Isaacson

Grafia atualizada segundo o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 2009.

Título original
The Innovators: How a Group of Inventors, Hackers, Geniuses, and Geeks Created the Digital Revolution

Capa
Pete Garceau

Foto de capa
Augusta Ada Lovelace por Ann Ronan Pictures/ Print Colector/ Getty Images
Steve Jobs por Justin Sullivan/ Getty Images
Bill Gates por Theo Wargo/ Getty Images
Alan Mathison Tuting (1912-54) (b/w photo), fotógrafo inglês (século XX)
por coleção particular/ Prismatic Pictures/ Bridgeman Images

Preparação
Cacilda Guerra

Revisão
Jane Pessoa
Ana Maria Barbosa

ISBN 978-85-438-0186-5

Todos os direitos desta edição reservados à
EDITORA SCHWARCZ S.A.
Rua Bandeira Paulista, 702, cj. 32
04532-002 — São Paulo — SP
Telefone: (11) 3707-3500
Fax: (11) 3707-3501
www.companhiadasletras.com.br
www.blogdacompanhia.com.br